

VESIHALLITUKSEN MONISTESARJA

1982:103

KASKISTEN MERIALUEELLA JA OY MET-
SÄ-BOTNIA AB:N JÄTEVESIEN VAIKUTUS-
ALUEELLA TEHTYJEN VESISTÖTUTKIMUSTEN
VERTAILU

Seppo Rekolainen

Tuija Talsi

V E S I H A L L I T U K S E N M O N I S T E S A R J A

1982:103

KASKISTEN MERIALUEELLA JA OY MET-
SÄ-BOTNIA AB:N JÄTEVESIEN VAIKUTUS-
ALUEELLA TEHTYJEN VESISTÖTUTKIMUSTEN
VERTAILU

Seppo Rekolainen

Tuija Talsi



S i s ä l l y s l u e t t e l o

	sivu
JOHDANTO	1
1. ALUEELLA SUORITETUT TUTKIMUKSET	1
1.1. Perusselvitykset	1
1.2. Velvoitetarkkailu	1
1.3. Erityistutkimukset	2
2. MUUTOKSET MERIALUEEN VEDEN LAADUSSA	2
2.1. Fysikaalis-kemialliset tutkimukset	3
2.1.1 Väri	3
2.1.2 Kokonaisfosfori	5
2.2. Biologiset tutkimukset	6
2.2.1 Perustuotantokyky	6
2.2.2 Bakteeriaktiivisuus	6
2.3. Talvitilanne	8
3. MYRKKYTUTKIMUKSET	9
4. TIIVISTELMÄ	10
5. VELVOITETARKKAILUN KEHITTÄMINEN	11
LÄHDELUETTELO	14
LIITTEET	16

JOHDANTO

Kaskisten edustan merialueella on tehty useita erilaisia vesistötutkimuksia sekä ennen Oy Metsä-Botnia Ab:n sellutehtaan valmistumista että sen jälkeen. Tätä selostusta varten koottiin yhteen kaikki saatavissa oleva havaintoaineisto, ja sen perusteella laadittiin yhteenveto muutoksista, joita merialueella on tapahtunut sellutehtaan käynnistämisen jälkeen.

1. ALUEELLA SUORITETUT TUTKIMUKSET

1.1 Perusselvitykset

Ennen Oy Metsä-Botnia Ab:n sellutehtaan käynnistämistä suoritettiin Kaskisten edustan merialueella vuosina 1974 - 1976 laajahko perusselvitys, jolloin tutkittiin vesialueen fysiikkaalis-kemiallisia ja biologisia olosuhteita sekä alueen kalataloudellista käyttöä (Maa ja Vesi 1976, 1977a). Tämän lisäksi selvittivät vesihallituksen hydrologian toimisto virtausmittarein ja Valtion teknillinen tutkimuskeskus merkkiainekokein merialueen virtausolosuhteita (SARKKULA & HUTTULA 1975, KUOPPAMÄKI & MUURINEN 1976, VIRTANEN 1978).

Alustavien tutkimusten perusteella laadittiin ennakoarvio jäteveden vaikutuksista merialueen tilaan (Maa ja Vesi 1977b).

Vesihallituksen keräämään vedenlaaturekisteriin on Kaskisten läheiseltä merialueelta kertynyt havaintoja aina vuodesta 1966 lähtien. Suurin osa havainnoista on kuitenkin peräisin vuodelta 1973 ja sitä myöhemmältä ajalta.

1.2 Velvoitetarkkailu

Keskuslaboratorio Oy on sellutehtaan käynnistymisen jälkeen suorittanut merialueen vuosittaista velvoitetarkkailua yhteistyössä Oy Metsä-Botnia Ab:n kanssa (mm. Keskuslaboratorio 1979).

Joka viides vuosi alueella tehdään lisäksi laajempi vesistötutkimus. Ensimmäinen näistä tehtiin vuonna 1980 (Keskuslaboratorio 1981), ja tämä tutkimus vastasi laajuudeltaan Maa ja Vesi Oy:n perusselvityksiä. Keskuslaboratorio (1981) on raportissaan vertaillut näiden kahden selvityksen tuloksia.

1.3 Erityistutkimukset

Metsä-Botnian sellutehtaan jätevesien leviämistä ja vesistövaikutuksia on tutkittu myös aivan uudenlaisin menetelmin. Vuonna 1978 ryhdyttiin alueella tutkimaan, millä tavoin jätevedet vaikuttavat vesistön bakteerien toimintaan, lähinnä bakteerien hajotusvilkkauteen (KUPARINEN 1980). Menetelmää ja sen soveltuvuutta vesistötutkimuksiin haluttiin tutkia sekä teoreettisesti (TAMMINEN 1980) että myöhemmin vuonna 1979 käytännön vesistötarkkailussa (TALSI 1981). Bakteerien hajotustoiminnan vilkkautta tutkittiin myös vuonna 1980, jolloin pyrittiin selvittämään menetelmän soveltuvuutta vaikutusalue-tarkkailuun muiden, yleisesti käytössä olevien vesistömuuttujien ohella (TALSI & REKOLAINEN, in prep.).

Vesistöjen kannalta merkityksellistä jätevesien myrkyllisyyttä on myös tutkittu Oy Metsä-Botnia Ab:n jätevesillä. Vuonna 1979 suoritettiin myrkyllisyyskokeita sekä luonnonveden bakteeristolla (TALSI 1981) että kaloilla (LEHTINEN 1979). Myrkyllisyyskokeita tehtiin myös yhteistyössä Åbo Akademin kanssa, jossa lisäksi analysoitiin kemiallisesti jätevesien myrkyllisiä jakeita (HOLMBOM & LEHTINEN 1980).

2. MUUTOKSET MERIALUEEN VEDEN LAADUSSA

Havaintoaineistoa on kertynyt suhteellisen runsaasti koko seitsemän vuoden tutkimusjaksolta, mutta sen keskinäinen vertailu on kuitenkin hankalaa. Havaintopisteverkosto ei ole pysynyt samana: on otettu mukaan uusia pisteitä, mutta samalla on jätetty pois vanhoja, ja tällä tavoin joiltakin havaintopaikoilta on tutkimustuloksia vain muutamalta vuodelta. Havaintojakso (vuosilta 1974-1975) on vielä liian lyhyt, jotta voitaisiin laskea muutostrendejä.

Tässä selostuksessa ei käsitellä Maa ja Vesi Oy:n (1976, 1977a) ja Keskuslaboratorio Oy:n (1981) suorittamia laajoja kalataloudellisia ja biologisia (rantakasvit, pohjaeläimet, planktonkoostumus selvityksiä, sillä näistä on jo tehty vertailu Keskuslaboratorion (1981) tutkimusraportissa. Mitatuista fysikaalis-kemiallisista ja biologisista muuttujista käsitellään vain niitä, joiden on katsottu eniten valaisevan merialueen tilassa tapahtuneita muutoksia.

Alueen paikannimistö on esitetty liitteenä olevassa kartassa (kuva 26).

2.1 Fysikaalis-kemialliset tutkimukset

2.1.1 Väri

Pintaveden värin keskiarvot avovesikausilta 1974-75, 1979-80 on esitetty kuvissa 7-9.

Väriarvot ovat epäilemättä kohonneet varsinaisella haitta-alueella Tallvarpenin lahdessa, vaikka vertailuarvo puuttuukin vuosilta 1974-75 (keskiarvo on jätetty tässä laskematta, koska pisteeltä 26 oli vain yksi kesähavainto vuosilta 1974-75: väri <5 mg Pt/l).

Veden väri on kohonnut erittäin voimakkaasti Ådskäretin kohdalla ja syvemmällä Kaskisten salmessa. Tehtaan jätevedet kulkeutuvat epäilemättä näille alueille, jotka kuuluvatkin ennustettuun jäteveden sekoittumisvyöhykkeeseen (Maa ja Vesi 1977b). Oletettuun sekoittumisvyöhykkeeseen kuuluivat myös Storremmargrundetin lähivedet, jossa väriarvot ovatkin selvästi kohonneet vuosien 1974-75 lähtötasoon verrattuna.

Närpesfjärdenissä, jossa jokiveden vaikutus 1974-75 oli huomattava, eivät väriarvot ole selväpiirteisesti kohonneet. Suhteellisen sateisena kesänä 1979 väriarvot olivat melko suuria, mutta taas myöhemmin, kuivana kesänä 1980 jälleen alhaisempia.

Sen sijaan Sälgrundin länsipuolella, pisteellä 28, väriarvot ovat selvästi kohonneet. Tämä alue ei ennakkoarvion mukaan kuulunut enää sekoittumisvyöhykkeeseen, vaan ns. ympäröivään merialueeseen, jossa veden laadun muutokset ovat ajoittaisia (Maa ja Vesi 1977b).

Kuitenkin väriarvojen kohoaminen tällä alueella osoittaa jätevesien varsin usein kulkeutuvan Sälgrundin ohi länteen. Valittavasti kaukaisemmat pohjoisessa sijaitsevat näytteenottopisteet eivät enää kuuluneet 1979-80 velvoitetarkkailuohjelmaan (vain 2 havaintoa 1980 lopulta), joten ei voida arvioida, kuinka kauas pohjoiseen jätevesien vaikutus ulottuu.

Myös Orion-havaintopisteellä (33) väri on lievästi kohonnut, mikä viittaa jätevesien ajoittain leviävän myös tälle alueelle. Tätä epäiltiin jo vuonna 1978 (KUPARINEN 1980). Varsinaisella avomerialueella (Lindström ja Bummelås-Viten alue) väriarvot eivät ole nousseet.

Keskuslaboratorio on Kaskisten merialueella käyttänyt värin spektrometrillä mittausta pyrkiessään kartoittamaan jätevesien leviämistä (kuvat 10-12). Leviämisaluekarttoitus suoritettiin neljä kertaa avovesikautena vuonna 1980. Näistä vain kaksi (kuvat 10 ja 11) onnistui siten, että niiden perusteella voitiin piirtää tarkkaan jätevesien leviämisalueen rajat. Voimakkaan pohjoismyrskyn jälkeen ja pohjoisenpuoleisten tuulten vallitessa (14.-15.5.1980, kuva 10) jätevedet näyttävät leviävän erittäin kauas avomerialueelle. Jätevesien leviämisalueen koko vaihtelee kuitenkin erittäin paljon (vrt. 12.8.1980, kuva 11) tuulista ja virtauksista riippuen. Etelän- ja lännenpuoleisten tuulten vallitessa jätevedet painuvat Österfjärdenille ja kohti Kristiinankaupunkia sekä Närpesfjärdenille (kuva 12). Leviämisalueen vaihtelut olivat odotettuja jo alueella suoritettujen alustavien merkkiainekokeiden perusteella (KUOPPAMÄKI & MUURINEN 1976).

Näistä harvoista leviämisaluekarttoituksista voidaan päätellä, että Tallvarpen-lahden varsinaisen haitta-alueen lisäksi muutkin tehtaan läheiset vesialueet ovat lähes jatkuvasti jätevesien

vaikutusvyöhykkeessä. Näitä ovat Ådskäretin ja Sälgrundin välinen alue ja Kaskisten salmi sekä Storremmargrundin läheiset vedet. Nämä alueet kuuluvatkin ennustettuun sekoittumisvyöhykkeeseen. Tämän lisäksi jätevedet - tuulista riippuen - leviävät melko laajalle Kaskisten merialueella. Ajoittain vaikutukset näkyvät alueella, joka käsittää Närpes- ja Österfjärdenin, Järvöfjärdenin, Sälgrundin länsi- ja pohjoispuoliset vedet sekä melko laajan avomerialueen Kaskisten saaren eteläpuolella.

2.1.2 Kokonaisfosfori

Kulloinkin käytössä olleiden havaintopisteiden kokonaisfosforipitoisuuksien keskiarvot pintavedessä avovesikautena on esitetty kuvissa 1-6.

Tallvarpenin lahdessa kokonaisfosforipitoisuus on selvästi nousut vuosien 1974-1975 perustasoon verrattuna. Lahti kuuluu ennustettuun haitta-alueeseen (Maa ja Vesi 1977b). Hieman ulompana merialueella Storremmargrundetin kohdalla ei nousua ole havaittavissa kuten ei myöskään itse avomerialueella. Närpesfjärdenissä kokonaisfosforipitoisuudet olivat vuosina 1974-1975 korkeammat kuin myöhempinä vuosina. Tämä johtuu ennen kaikkea Närpiönjoen vaikutuksesta merialueen veden laatuun. Vuodet 1974-1975 olivat sateisia ja joen virtaamat oletettavasti tavanomaisista suurempia. Tehdas ei vielä tällöin tarvinnut jokivettä omiin tarkoituksiinsa, joten Närpiönjoen vesi purkautui suoraan Närpesfjärdeniin.

Sälgrundin länsipuolella fosforipitoisuudet ovat kohonneet vuosien 1974-1975 lähtötasoon verrattuna. Tämä alue ei ennakkoarvion mukaan kuulunut enää sekoittumisvyöhykkeeseen, vaan ns. ympäröivään merialueeseen, jossa veden laadun muutokset ovat ajoittaisia (Maa ja Vesi 1977b). Kuitenkin fosforipitoisuuksien kohoaminen tällä alueella osoittaa jätevesien varsin usein kulkeutuvan Sälgrundin ohi länteen, mikä näin osaltaan tukee väriarvojen perusteella tehtyjä havaintoja.

2.2 Biologiset tutkimukset

2.2.1 Perustuotantokyky

Perustuotantokykyä on Kaskisten merialueelta mitattu säännönmukaisesti jokaisen tutkimuksen yhteydessä aina perusselvityksistä 1974-75 lähtien. Näiden havaintojen vuotuiset keskiarvot on esitetty kuvissa 13-19. Perustuotantokyvyn kausivaihtelut ovat hyvin suuria, joten näiden keskiarvojen tarkastelu on jossain määrin harhaanjohtavaa. Esimerkiksi Maa ja Vesi Oy:n (1977a) ja KUPARISEN (1980) aineistosta puuttuvat havainnot kevään tuotantohuipun ajalta, ja näin perustuotantokyvyn keskiarvot jäävät tavanomaista alhaisemmiksi.

Perustuotantokyky on eräissä merialueen osissa selvästi kohonnut 1974-75 perustasoon verrattuna. Näin on tapahtunut Ådskäretin kohdalla ja Kaskisten salmessa, sekä hieman ulompana merialueella, Storremmargrundetin luona. Tallvarpenin lahdessa perustuotantokyvyn nousua ei ole havaittavissa, sillä täällä tuntuvat ainakin ajoittain myös jäteveden inhibitiiviset vaikutukset.

Perustuotantokyky on noussut paitsi aivan tehtaan lähialueella ja ns. sekoittumisvyöhykkeellä, myös jonkin verran kauempana ympäröivällä merialueella (Orion). Sälgrundin länsipuolella perustuotantokyky on noussut voimakkaasti. Tämä tukee osaltaan fosfori- ja värimittausten perusteella tehtyjä oletuksia siitä, että jätevesien vaikutukset tällä alueella ovat lähes jatkuvia.

Närpesfjärdenillä perustuotantokyky ei ole noussut, vaan sen pohjukassa allaspadon läheisyydessä jopa hieman alentunut. Tämä johtuu oletettavasti jokiveden vaikutuksen vähentymisestä tehtaan käynnistymisen jälkeen sekä virtaamaeroista eri vuosien välillä.

2.2.2 Bakteeriaktiivisuus

KUPARISEN (1980), TALSIN (1981) sekä TALSIN ja REKOLAISEN (in prep.) erityistutkimuksissa käytetyillä menetelmillä, joilla mitattiin vesistön bakteeritoiminnan vilkkautta, oletettiin mahdollisimman herkästi havaittavan jäteveden vähäisetkin vaikutukset. Tutkimussuunnitelmat poikkesivat toisistaan kuitenkin selvästi, sillä tutkimusten tarkoituksena ei ollut tuottaa vertailukelpoista aineistoa.

Tutkimustuloksia on olemassa kolmelta peräkkäiseltä vuodelta 1978-1980. Tämä on varsin lyhyt ajanjakso, jos halutaan tarkastella jätevesien aiheuttamia muutoksia alueen bakteeritoiminnassa. Eri vuosien väliset luonnolliset erot ovat tunte mattomia, eikä täsmällisiä kehityssuuntia voida laskea. Lisäksi ei ole vertailuhavaintoja ajalta ennen tehtaan käynnistymistä.

Bakteerien glukoosinoton maksiminopeus (V_m eli ns. heterotrofinen potentiaali) oli kesällä 1978 samaa suuruusluokkaa kuin kesällä 1980 (kuvat 20 ja 21). Tallvarpenin lahdessa V_m oli kuitenkin kohonnut lähes kaksinkertaiseksi vuoteen 1978 verrattuna. Kesällä 1980 tehdas kävi täysitehoisesti ilman seisokkia, mutta vuonna 1978 oli kuukauden seisokki heinäkuussa.

Storremmargrundetin luona, havaintopaikalla 24, heterotrofinen potentiaali oli jopa alentunut. Tämä alue kuuluu jätevesien sekoittumisvyöhykkeeseen, jossa jätevesipitoisuus saattaa vaihdella huomattavasti tuulista riippuen (vrt. KUOPPAMÄKI & MUURINEN 1976).

Glukoosin kiertonopeutta ($1/T_t$) on mitattu ^3H -glukoosilla jokaisena tutkimuskesänä (kuvat 22-24). Kuitenkin havaintopisteitä, jotka ovat olleet käytössä jokaisena kesänä, ovat vain 26, 24, 14 ja 33. Näistä Tallvarpenin lahden (26) havainnot vaihtelevat säännöttömästi, mutta ovat aina melko korkeita. Sen sijaan Storremmargrundetin (24) ja Renskäretin (14) luona glukoosin

kiertonopeus on vuosittain pienentynyt. Storremmargrundetin alue, kuten on jo todettu, kuuluu sekoittumisvyöhykkeeseen, jossa kuormituksen vaihtelut ja virtausolosuhteet muuttavat helposti keskimääräisiä arvoja. Myös alueet Storremmargrundetista itään (havaintopaikka 30) kuuluvat sekoittumisvyöhykkeeseen, ja siellä taas glukosin kiertonopeus oli kesällä 1980 suurempi kuin 1979. Tämä epäsäännöllisyys saattaa johtua juuri jätevesien leviämisen suurista ja nopeista vaihteluista.

2.3 Talvitilanne

Edellisissä kappaleissa on käsitelty ainoastaan jätevesien aiheuttamia veden laadun muutoksia avovesikautena. Talvitilanne poikkeaa tästä huomattavasti, sillä jääpeitteen alla jätevedet saattavat levitä lähes sekoittumatta hyvinkin laajalle merialueelle. Keskuslaboratorio (1981) on tehnyt yhden laajan jätevesien leviämiskartoituksen talviaikana (kuva 25).

Tehtaan lähialueilla veden laatu on talviaikaan varsin heikko. Esimerkiksi Ådskäretin ja Sälgrundin välisessä salmessa ja Kas-kisten salmessa pintaveden happipitoisuus on ollut vain 30-70 % kyllästystasosta ja Tallvarpenin lahdessa vain n. 10 % (Keskuslaboratorio 1981). Jätevesien haittavaikutukset tuntuvat voimakkaana vielä Storremmargrundetin kohdalla, missä hapen kyllästysprosentti on selvästi alentunut (n. 35-60 %) ja väriarvot ovat huomattavan suuria (Keskuslaboratorio 1981, Vesihallitus).

Österfjärdenille leviää talvisin selvästi merivettä tummempaa ja ravinnepitoisempaa vettä (Vesihallitus), mutta näillä alueilla saattavat jokiveden vaikutukset sekoittaa jätevesivaikutukseen.

Ympäröivällä merialueella jäteveden vaikutukset ulottuvat selvästi ainakin Bockholmshällanille ja Vitenille saakka (Vesihallitus). Jätevedet liikkuvat ilmeisesti erillisinä lauttoina, sillä esimerkiksi Viten-pisteeltä on Vaasan vesipiiri 25.3.1980 klo 13.00 löytänyt selvästi jätevesipitoista pintavettä (mm. väri 170 mg Pt/l), mutta läheisellä Bummelås-pisteellä on pinta-

vesi ollut klo 12.00 täysin mereistä. Samana päivänä on Vite-niltä hakenut näytteitä myös Keskuslaboratorio, joka ei ole pisteeltä löytänyt mitään tavanomaisuudesta poikkeavaa.

3. MYRKKYTUTKIMUKSET

Sellutehtaan jätevesien myrkyllisyys on vesistön biologiselle toiminnalle merkittävä häirtatekijä. Oy Metsä-Botnia Ab:n jätevesien myrkkyyvaikutuksien on oletettu jäävän tavanomaista vähäisemmiksi, sillä tehdasta suunniteltaessa pyrittiin myrkkyyhaittoja pienentämään eräin prosessiteknisin ratkaisuin (Maa ja Vesi 1977b).

HOLMBOMIN ja LEHTISEN (1980) mukaan ilmastusaltaasta mereen purkautuvat jätevedet tappoivat 96 h:n kokeessa puolet kaloista, kun jätevesipitoisuus oli 42-44 tilavuusprosenttia (LC_{50} -arvo). Tällaista akuuttia, kaloja tappavaa myrkyllisyyttä epäiltiin vesistössä esiintyvän vain aivan purkupuutken välittömässä läheisyydessä. Pitempiaikaisia ei-tappavia myrkkyyvaikutuksia saattaa kuitenkin esiintyä hyvin laajalla vesistöalueella (HOLMBOM & LEHTINEN 1980), vaikka ennakoarviossa (Maa ja Vesi 1977b) mainitaan, että 'myrkkyyvaikutukset saattaisivat vain suppealla alueella Tallvarpenin lahdelta saavuttaa sub-letaalien konsentraation'. Jätevesien ei-tappavia myrkkyyvaikutuksia tutkittaessa todettiin, että jo 2-4 %:nen jätevesi vaikuttaa kalojen suorituskykyyn (LEHTINEN 1980).

Ilmastusaltaan arveltiin alentavan ratkaisevasti jätevesien myrkyllisyyttä (Maa ja Vesi 1977b). HOLMBOMIN & LEHTISEN (1980) kalakokeissa käykin ilmi, että ilmastusaltaassa häviää n. 65 % alkuperäisestä myrkyllisyydestä. Tästä huolimatta mereen purkautuvan jäteveden myrkyllisyys on yhä suuri ($LC_{50,96h} = 42-44 \%$) ja ylittää mm. kanadalaiset normit (80 % kaloista säilyy hengissä 96 h:n kokeessa 65 % jätevesipitoisuudessa).

Perustuotantokykymittausten mukaan jätevedet ajoittain inhihoivat levien perustuotantoa Tallvarpenin lahden alueella. Bakteerit ovat osoittautuneet leviä sietokykyisemmiksi, sillä merialueen suurimmat bakteeriaktiivisuudet on mitattu aivan Tallvarpenin lahden pohjukassa (TALSI 1981, TALSI & REKOLAINEN, in prep.).

Varsinaisissa bakteereilla suoritetuissa myrkyllisyystesteissä todettiin, että 10 % jätevedellä on lievästi puhtaan merialueen bakteerien toimintaa lamaannuttava vaikutus (TALSI 1981). Ilmeisesti Tallvarpenin lahden pohjukkaan on kehittynyt hyvin jätevesivaikutuksiin sopeutunut bakteeristo.

4. TIIVISTELMÄ

Oy Metsä-Botnia Ab:n sellutehtaan jätevesien vaikutusalueella Kaskisten edustalla on tehty useita erilaisia vesistötutkimuksia. Tämän raportin tarkoituksena on vertailla eri tutkimuksista saatua tietoa ja sen perusteella esittää johtopäätöksiä alueen veden laadun muutoksista ja jätevesien leviämisalueesta.

Kaskisten edustan merialueella suoritettiin perustilan kartoitus vuosina 1974-1976 ja lisäksi ennen tehtaan käynnistämistä selvitettiin alueen virtausolosuhteita. Näiden tietojen ja arvioitujen jätevesipäästöjen perusteella laadittiin ennakkoarvio merialueen tilan kehityksestä. Tehtaan käynnistämisen jälkeen alueella on suoritettu velvoitetarkkailuun liittyviä tutkimuksia vuosina 1979 ja 1980 sekä useana vuonna selvitetty bakteerien hajotustoiminnan vilkkautta. Myrkyllisyyskokeita on suoritettu sekä luonnonveden bakteeristolla että kaloilla. Lisäksi vesihaltituksen vedenlaaturekisteriin on kertynyt analyysituloksia alueelta vuodesta 1966 lähtien.

Vuosina 1974-1976 kartoitettuun perustilaan verrattuna veden laatu on huonontunut laajalla alueella. Veden laatu on varsin huono Tallvarpenin lahdessa ja myös Ådskäretin ja Sälgrundin välisessä salmessa. Tällä alueella mm. väri-, sameus- ja kokonaisfosforiarvot ovat huomattavasti kohonneet ja hapen kyllästysprosentti varsinkin talvella selvästi alentunut. Näin varsinainen haitta-alue on muodostunut hieman suuremmaksi kuin ennusteessa mainittu. Varsin usein jätevesikuormituksen luonnehtimia ovat myös alueet Storremmargrundin ympäristössä, Närpesfjärdenin eteläosa Renskäretin ja Boekholmshällanin välisellä alueella, Kaskisten salmi sekä Sälgrundin länsi- ja pohjoispuoliset alueet.

Näillä alueilla väriarvot ovat selvästi kohonneet perustilaan verrattuna, ja myös perustuotantotaso on noussut. Olosuhteiltaan tämän alueen voidaan katsoa edustavan ns. sekoittumisvyöhykettä, joka on myös muodostunut laajemmaksi kuin ennakkoarviossa on esitetty. Ajoittain jätevesien on todettu leviävän myös Järvöfjärdenille, Närpesfjärdeniä pitkin pohjoiseen, Österfjärdenille sekä varsin kauas eteläiselle ja itäiselle avomerialueelle, Orionin ja Vitenin tienoille asti. Näillä alueilla on ajoittain havaittavissa varsinkin väriarvojen selvää nousua. Jätevesien leviämisen ja osittain myös vaikutusten kannalta talviaika on pahin.

Oy Metsä-Botnia Ab:n sellutehtaan jätevesien myrkyllisyyden on todettu vähenevän n. 65 % jätevesien ilmastusaltaassa, mutta vesistöön purkautuvat jätevedet ovat silti myrkyllisiä. Kaloilla tehtyjen kokeiden mukaan puolet kaloista kuoli 96 tunnin kokeessa 42-44 % jätevedessä (LC_{50} -arvo). Bakteereilla suoritetuilla myrkyllisyystesteillä todettiin 10 % jäteveden lievästi lamaannuttavan puhtaan merialueen bakteerien toimintaa.

5. VELVOITETARKKAILUN KEHITTÄMINEN

Vuosittain suoritettavassa rutiinitarkkailussa on tärkeää, että näytteenottopisteet pysyvät aina samoina. Keskuslaboratorio (1981) on ehdottanut, että havaintopisteitä voisi nykyisestä vähentää. Ei ole kuitenkaan mielekäästä ottaa näytteitä vain havaintopaikoilta, joissa jätevesien vaikutukset ovat selvästi havaittavissa. On tärkeää kerätä tietoa myös sellaisilta alueilta, missä mahdolliset muutokset voidaan havaita vasta vuosien kuluttua.

Tällä hetkellä velvoitetarkkailussa käytettävä 18 havaintopisteen verkosto (Keskuslaboratorio 1981) vaikuttaa sopivalta ja riittävän tiheältä. Siitä ei pitäisi karsia pois yhtään, sillä useimmista on olemassa havaintoja jo ajalta ennen tehdasta (Maa ja Vesi 1976, 1977a).

Vuosittaisessa tarkkailussa käytettävistä analyyseistä voitaisiin Keskuslaboratorion (1981) ehdotuksen mukaan jättää joitakin samoja asioita mittaavia muuttujia pois. Tällaisia ovat väri ja COD, joista väri herkempänä olisi säilytettävä, sekä sameus ja kiintoaine, joista toisen poistaminen on asianmukaista. Sen sijaan ehdotusta perustuotantokykymittauksen korvaamisesta pelkääntään klorofylli a-mittauksella ei tulisi hyväksyä. Perustuotantokykyä on mitattu alueella perusselvityksistä lähtien ja sen poistaminen tarkkailuohjelmasta katkaisisi nyt kertyneen lyhyen aikasarjan. Klorofylli a mittaa kyllä lähes samaa asiaa kuin perustuotantokyky, mutta niiden lukuarvot eivät ole vertailukelpoisia eikä klorofylliä ole alueella mitattu alusta lähtien.

Mitattavien muuttujien kemiallisiin analyysivirheisiin olisi syytä kiinnittää enemmän huomiota. Varsinkin typpianalyyseissä esiintyy ilmeisiä virheellisyyksiä, jotka - asiaa tarkemmin selittämättä - on kirjattu Keskuslaboratorion raportin (1981) liitetaulukoihin.

Vuosittaisessa velvoitetarkkailussa on näytteitä otettu vain neljä kertaa vuodessa. Tämä ei tunnu riittävältä, kun otetaan huomioon suuret vuodenaikaisvaihtelut ja erot talvi- ja avovesikauden välillä. Lisäksi usein yhden havaintokerran näytteet on kerätty jopa kolmen viikon aikana, jolloin ne eivät enää ole lainkaan vertailukelpoisia keskenään. Kausivaihtelut sekä tuulten ja virtailujen aiheuttamat muutokset jätevesien leviämisessä ovat niin nopeita, ettei usean viikon välein otetuilla näytteillä enää voida tutkia havaintopaikkojen keskinäisiä eroja. Velvoitetarkkailun kaikilta 18 havaintopaikalta ei ehdittäne hakea näytteitä yhden päivän aikana, mutta vähimmäisvaatimuksena voitaisiin pitää 2-3 päivää, korkeintaan yhtä työviikkoa.

Velvoitetarkkailun lisäksi viiden vuoden välein suoritettava laaja selvitys vaikuttaa riittävältä, eikä sitä ole syytä tehdä useammin. Sen sijaan voitaisiin jätevesien leviämiskartoituksia suorittaa useamminkin Keskuslaboratorio Oy:n kehittämällä menetelmällä. Kartoitus olisi suoritettava yhden päivän aikana suhteellisen laajalta alueelta, jolloin saataisiin hetkellinen ti-

lannekuva jätevesien leviämisestä. Näitä kartoituksia olisi tehtävä useita, jotta saataisiin käsitys leviämisalueen rajoista eri virtausolosuhteista sekä alueista, jotka ovat lähes jatkuvasti jätevesien vaikutuksen alaisina. Leviämiskartoituksia voisi myös talviaikana tehdä useammin kuin kerran.

Jätevesien myrkyllisyyttä on jonkin verran tutkittu, mutta niiden pitkäaikaiset ei-tappavat vaikutukset merialueella ovat tuntemattomia. Tämä asia vaatisi erillisselvityksiä, sillä jätevesien myrkyllisyys on olennainen seikka mm. kalatalouden kannalta.

LÄHDELUETTELO

- HOLMBOM, B. & LEHTINEN, K-J. 1980: Acute toxicity to fish of kraft pulp mill waste waters. Paperi ja Puu 62: 673-684.
- Keskuslaboratorio 1979: Oy Metsä-Botnia Ab. Vesistön velvoite-tarkkailu 1979. Moniste 11 s. + liitteet.
- 1981: Tutkimus Oy Metsä-Botnia Ab:n jätevesien vaikutuksista Kaskisten merialueella v. 1980. Tutkimusraportti 59 s. + liitteet.
- KUOPPAMÄKI, R. & MUURINEN, A. 1976: The prediction of waste water dilution by a long-term tracer experiment. Nord. Hydrol. 7: 231-244.
- KUPARINEN, J. 1980: Heterotrofisten bakteerien aineenvaihdunta-aktiivisuuden mittauksen hyväksikäyttö puunjalostusteollisuuden jätevesien tarkkailussa. Vesihallituksen tiedotuksia 189. 61 s. + liitteet.
- LEHTINEN, K-J. 1979: Effekter av industrispillvatten på fisk. Skärgård 2: 34-38.
- Maa ja Vesi 1976: Kaskisten merialueen limnologinen ja kalataloudellinen perustutkimus 1974-1975. Tutkimusraportti. 73 s. + liitteet.
- 1977a: Kaskisten merialueen tilan tutkimus v. 1976. Tutkimusraportti. 24 s. + liitteet.
- 1977b: Kaski-77. Ennakkoarvio jätevesien vaikutuksista. Moniste. 44 s. + liitteet.
- TALSI, T. & REKOLAINEN, S. 1982: Bakteerien glukoosinotto selluteollisuuden jätevesien leviämisen ja vaikutusten seurannassa. Vesihallituksen tiedotuksia. (in prep.).
- SARKKULA, I. & HUTTULA, T. 1976: Raportti Kaskisten edustan virtaustutkimuksista vuonna 1975. Moniste. 31 s. Vesihallituksen hydrologian toimisto.

TALSI, T. 1981: Bakteerien glukoosinotto selluteollisuuden jätevesien vaikutusten arviointimenetelmänä. Vesihallituksen monistesarja 1981: 83. 88 s. + liitteet.

TAMMINEN, T. Radioaktiivisten merkkiaineiden käyttömahdollisuudet vesistöjen hajotustoiminnan mittauksessa. Vesihallituksen monistesarja 1980: 42. 79 s. + liitteet.

Vesihallitus. Vedenlaaturekisteri vuonna 1981.

VIRTANEN, M.O. 1978: The use of numerical models in connection with long-term tracer experiment in waste water dilution studies. IAEA-symposium. 19.-23. June 1978. Neuherberg, Germany. Moniste. 2 s. + liitteet.

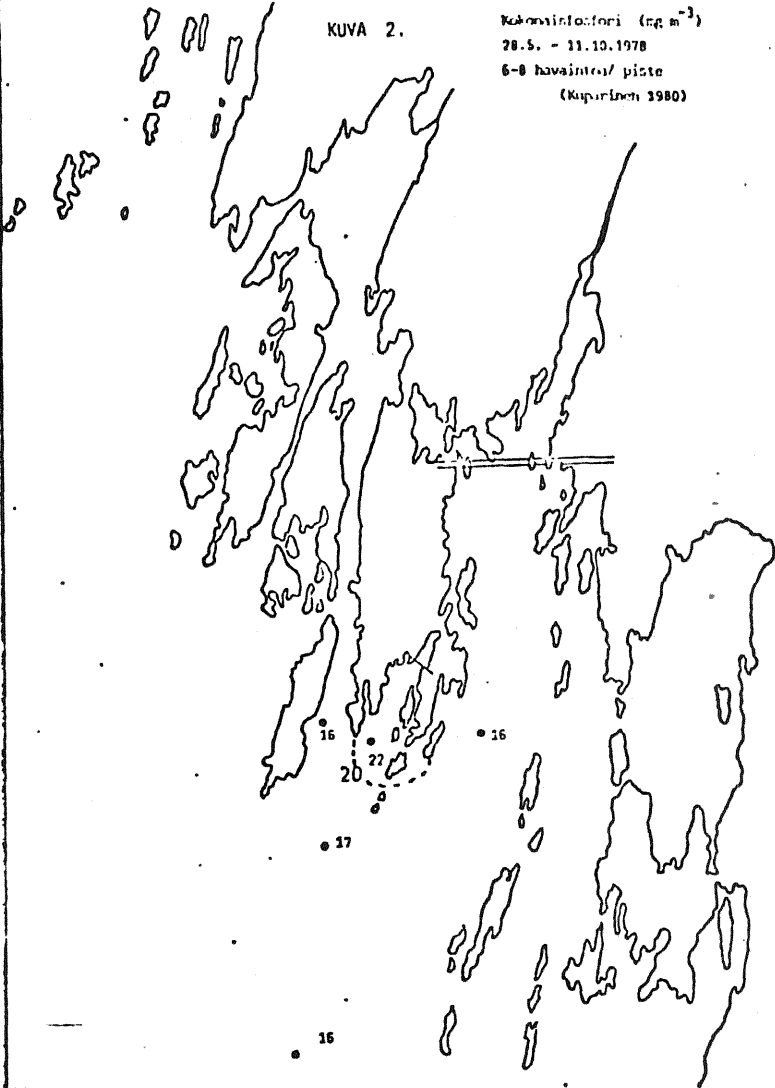
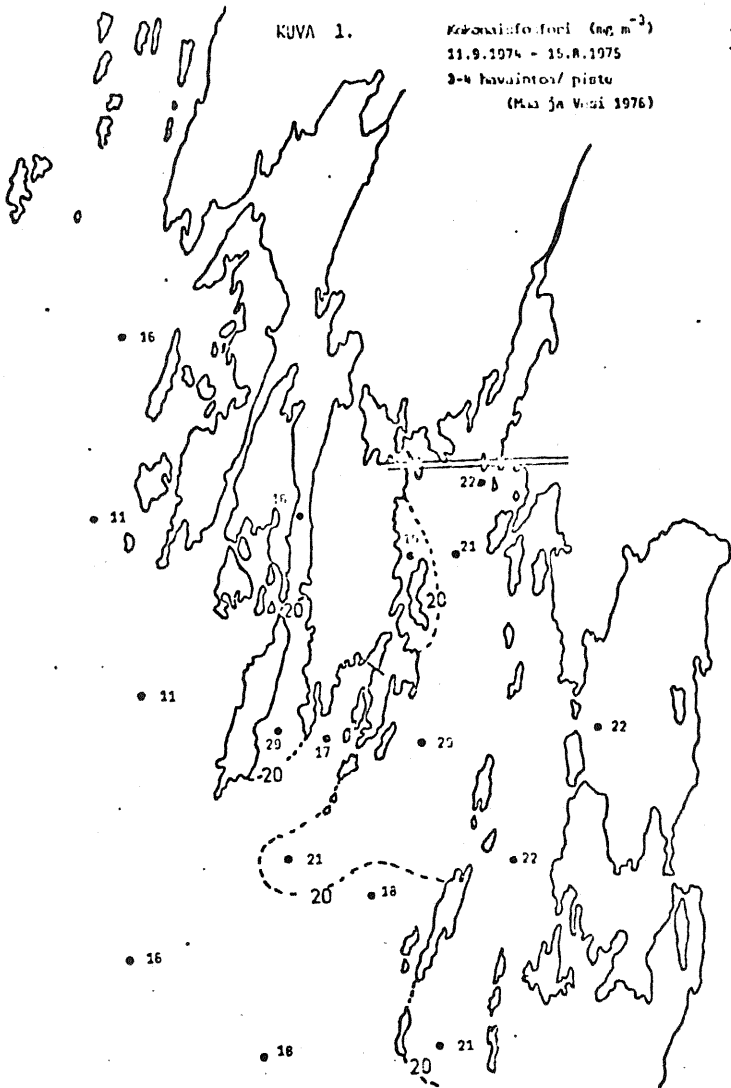
KUVA 1.

Kokonaisfosfori (mg m^{-3})
11.9.1974 - 15.8.1975
3-4 havaintoa/ piste
(Mäa ja Väsi 1976)

16

KUVA 2.

Kokonaisfosfori (mg m^{-3})
28.5. - 11.10.1978
6-8 havaintoa/ piste
(Kuparinen 1980)

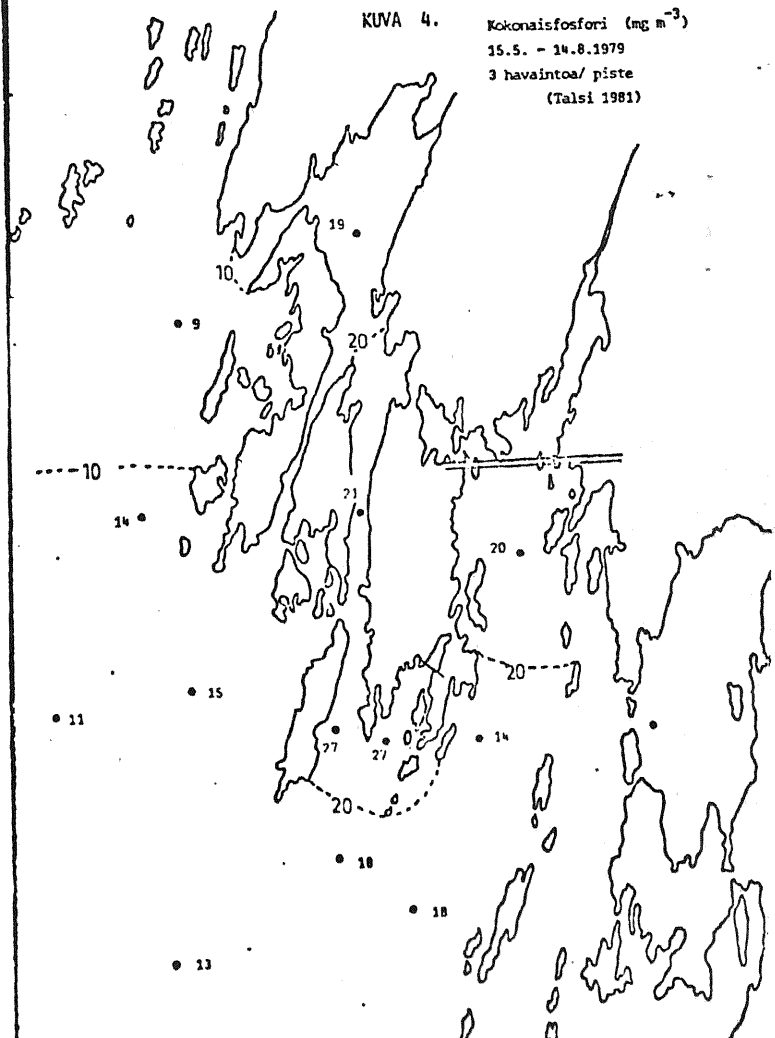
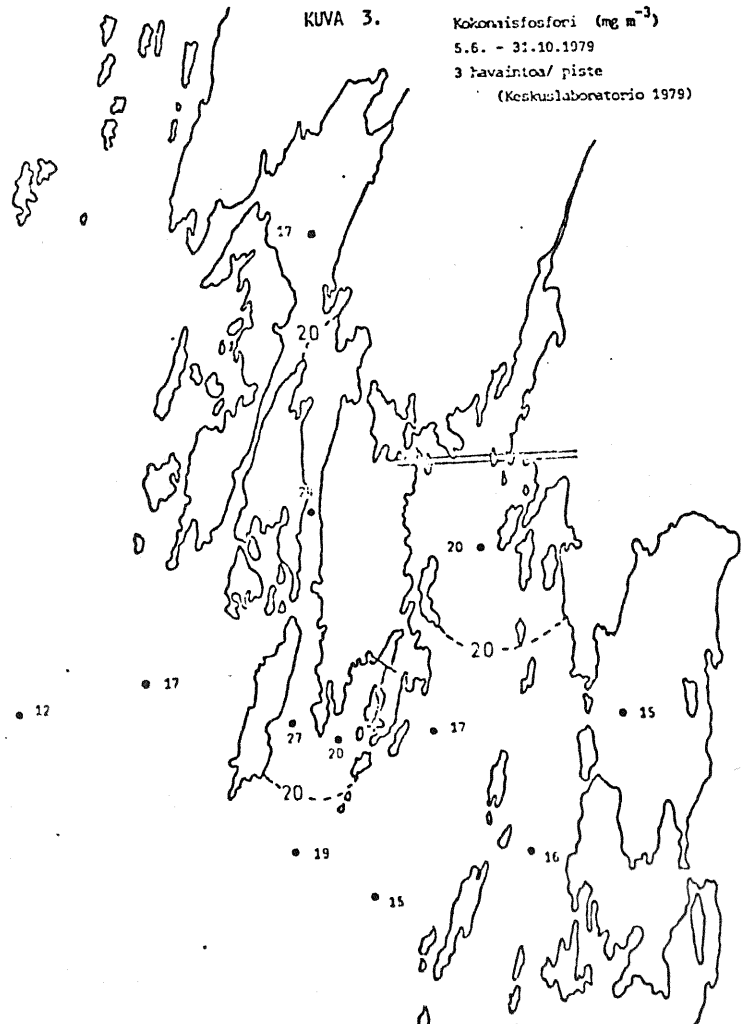


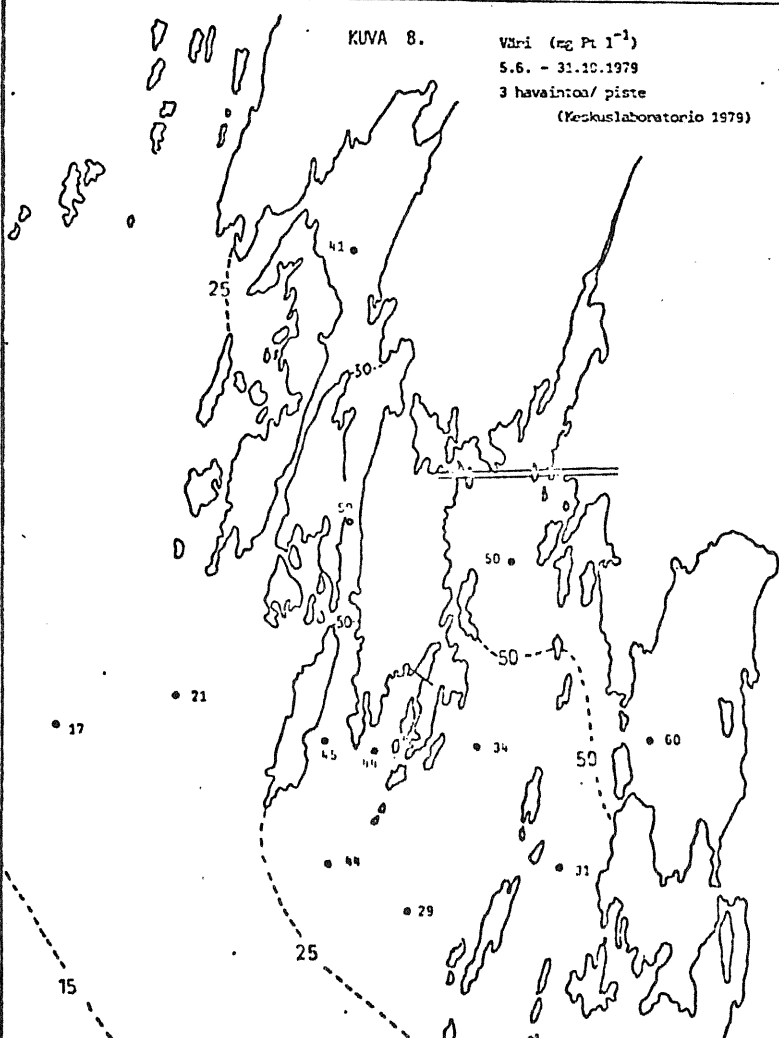
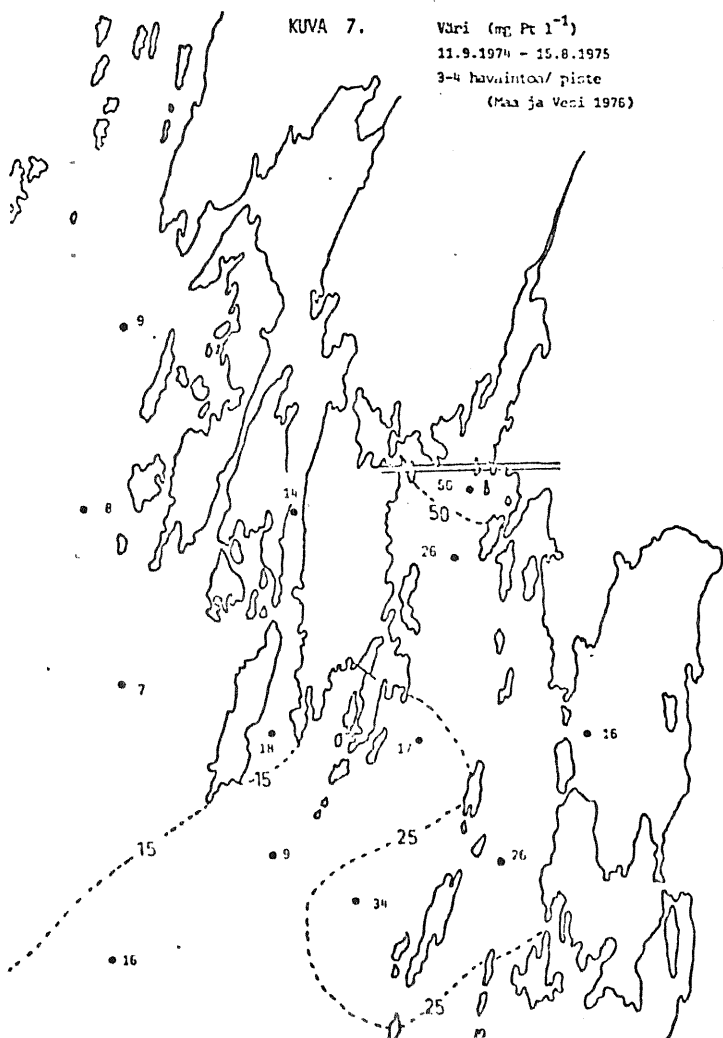
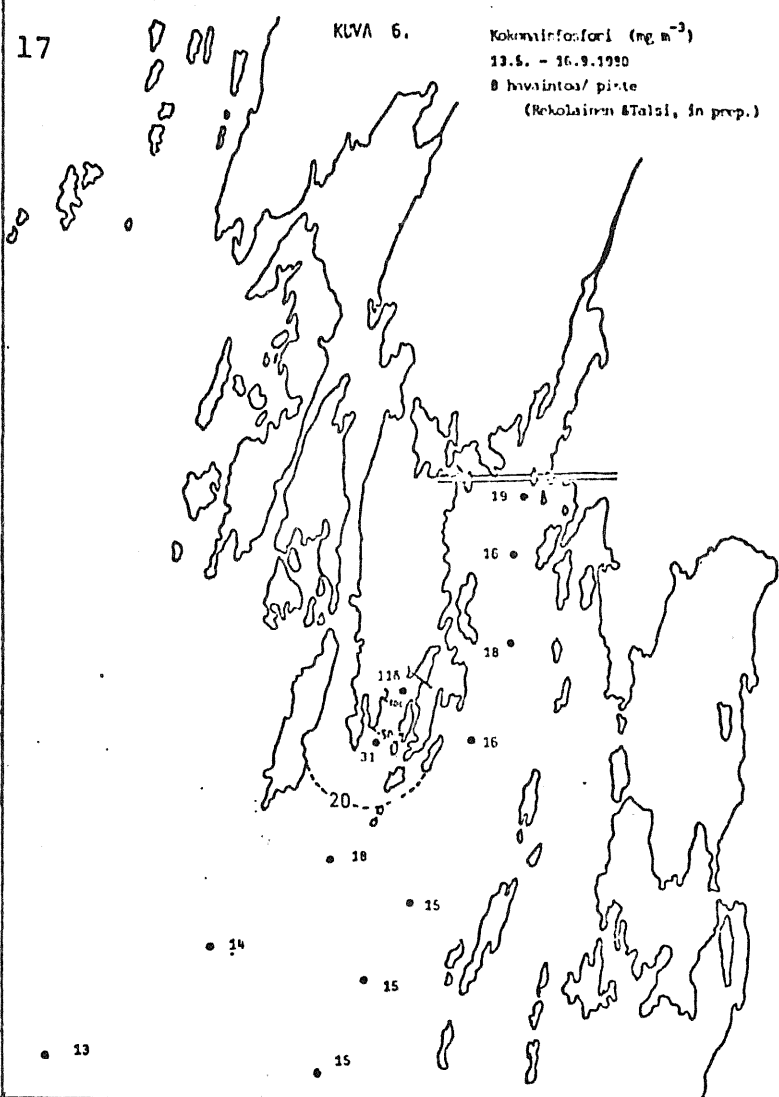
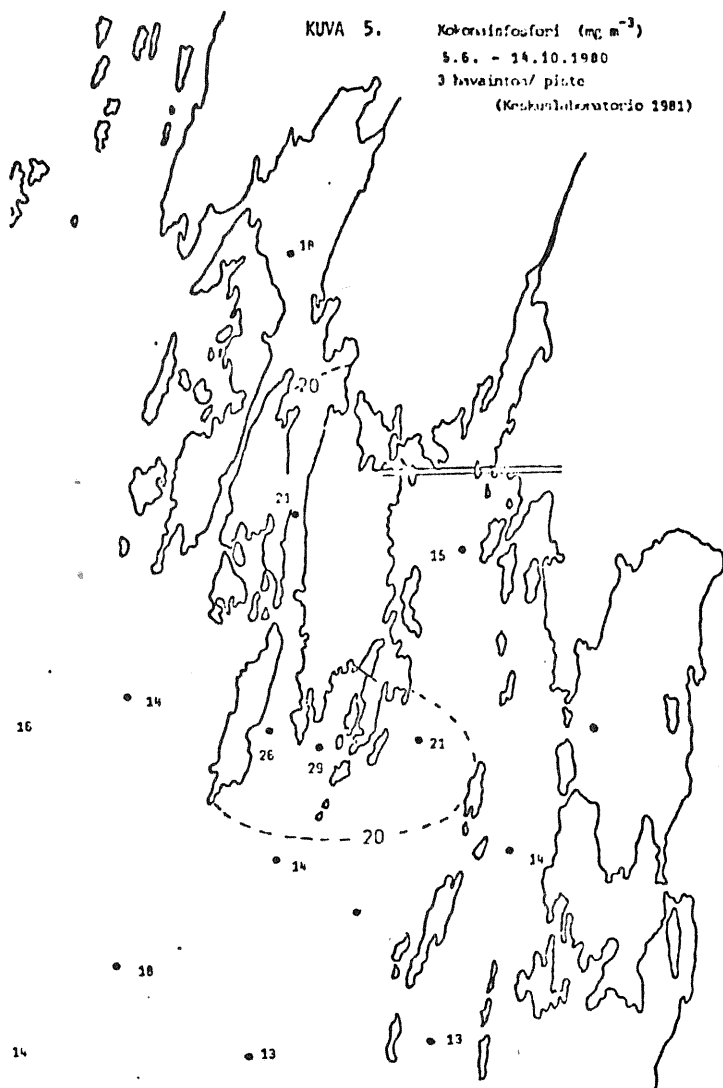
KUVA 3.

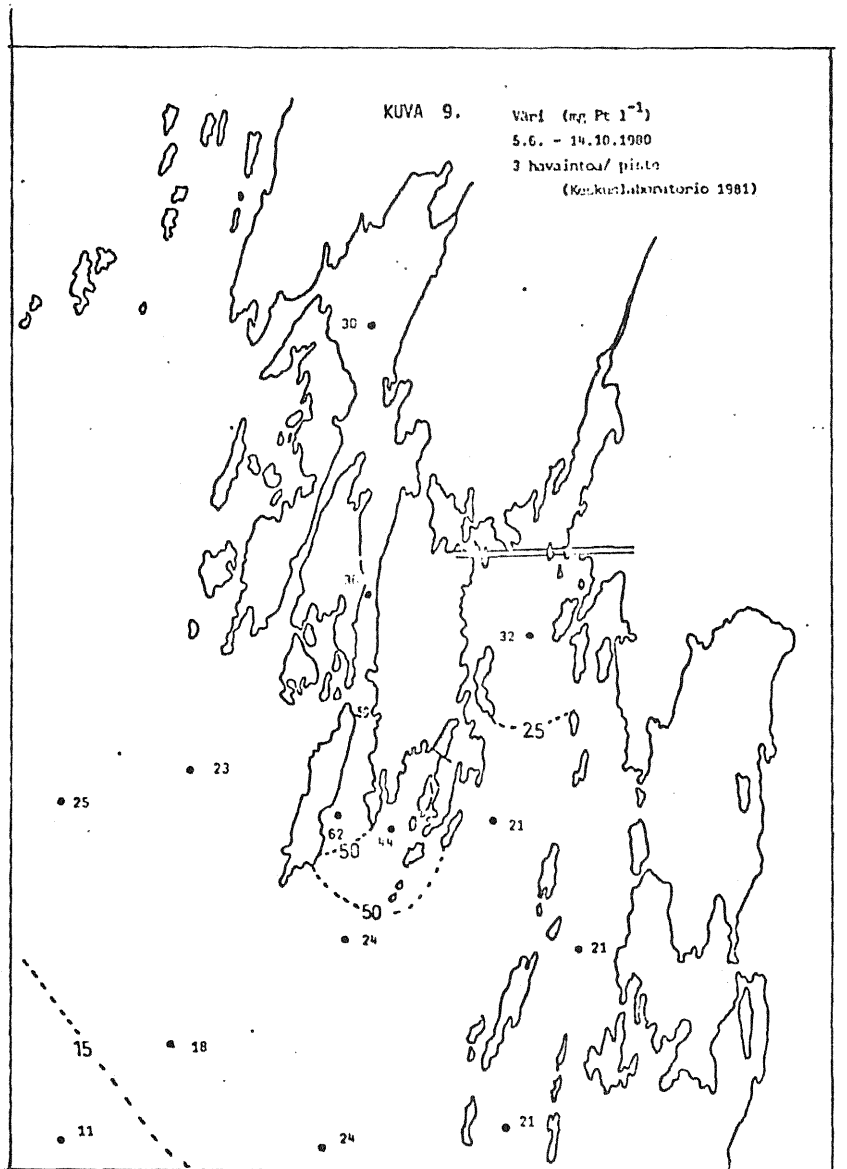
Kokonaisfosfori (mg m^{-3})
5.6. - 31.10.1979
3 havaintoa/ piste
(Keskuslaboratorio 1979)

KUVA 4.

Kokonaisfosfori (mg m^{-3})
15.5. - 14.8.1979
3 havaintoa/ piste
(Talsi 1981)







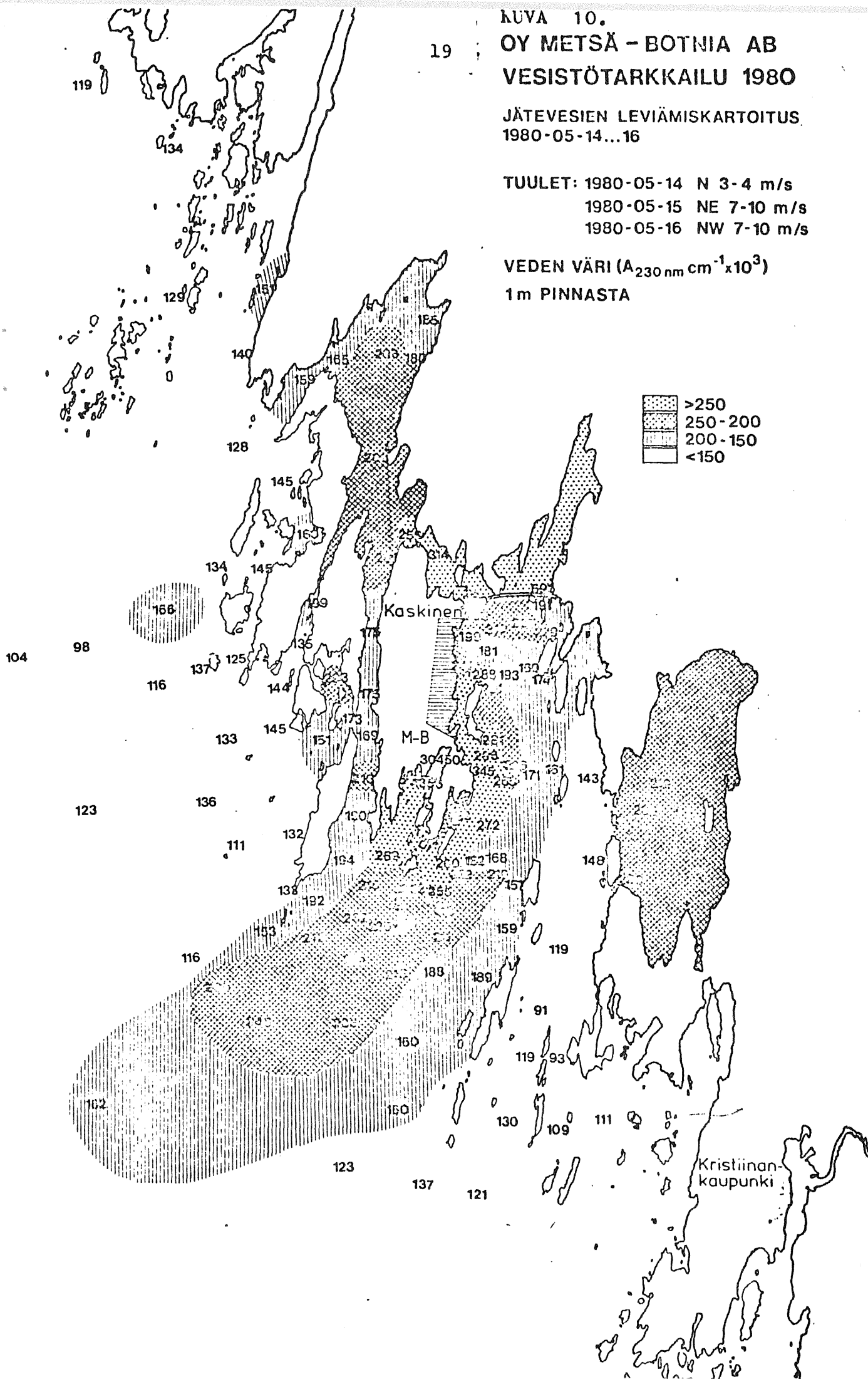
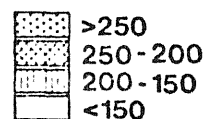
OY METSÄ - BOTNIA AB

VESISTÖTARKKAILU 1980

JÄTEVESIEN LEVIÄMISKARTOITUS
1980-05-14...16

TUULET: 1980-05-14 N 3-4 m/s
1980-05-15 NE 7-10 m/s
1980-05-16 NW 7-10 m/s

VEDEN VÄRI ($A_{230\text{nm}} \text{ cm}^{-1} \times 10^3$)
1m PINNASTA



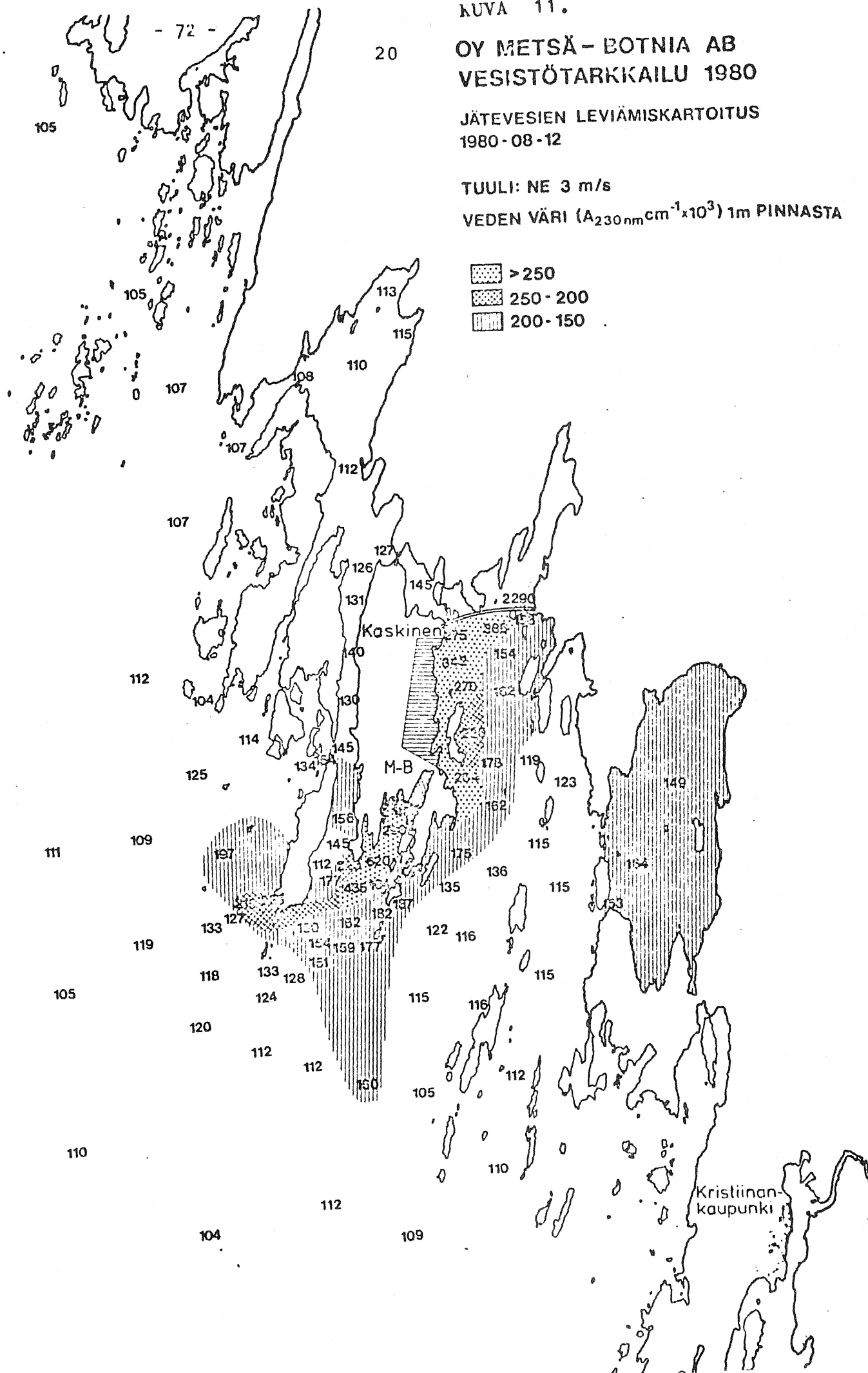
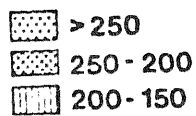
KUVA 11.

OY METSÄ-BOTNIA AB
VESISTÖTARKKAILU 1980

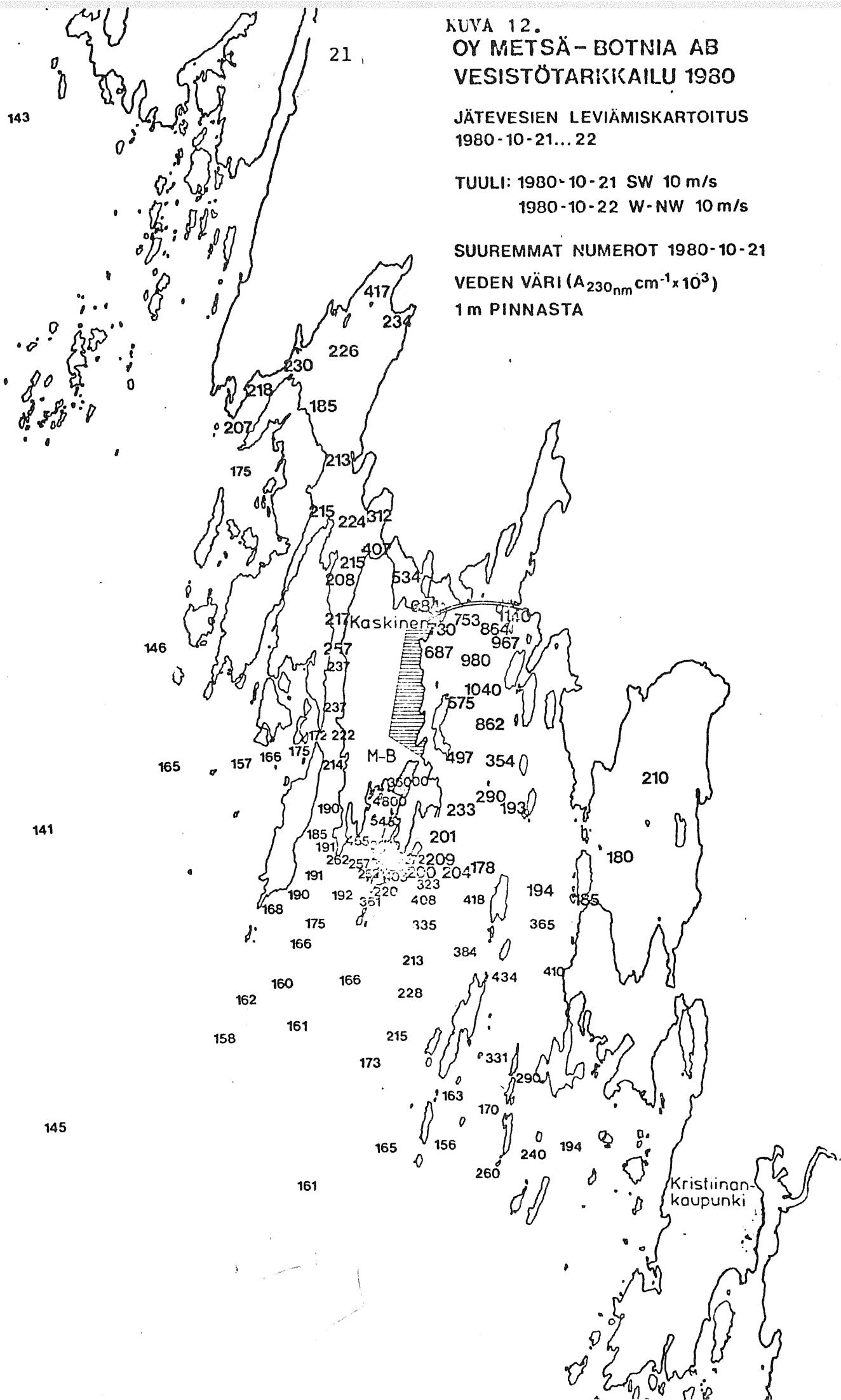
JÄTEVESIEN LEVIÄMISKARTOITUS
1980-08-12

TUULI: NE 3 m/s

VEDEN VÄRI ($A_{230nm} \text{ cm}^{-1} \times 10^3$) 1m PINNASTA

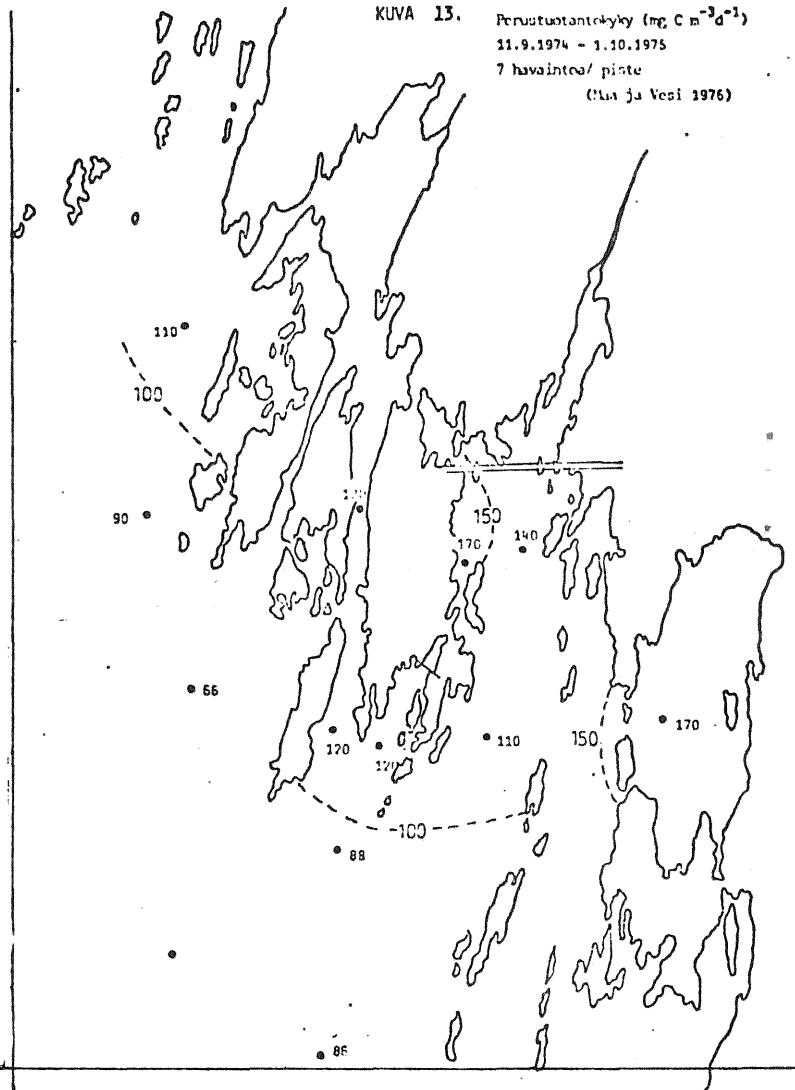


VEDEN VÄRI ($A_{230\text{nm}} \text{ cm}^{-1} \times 10^3$)
1 m PINNASTA



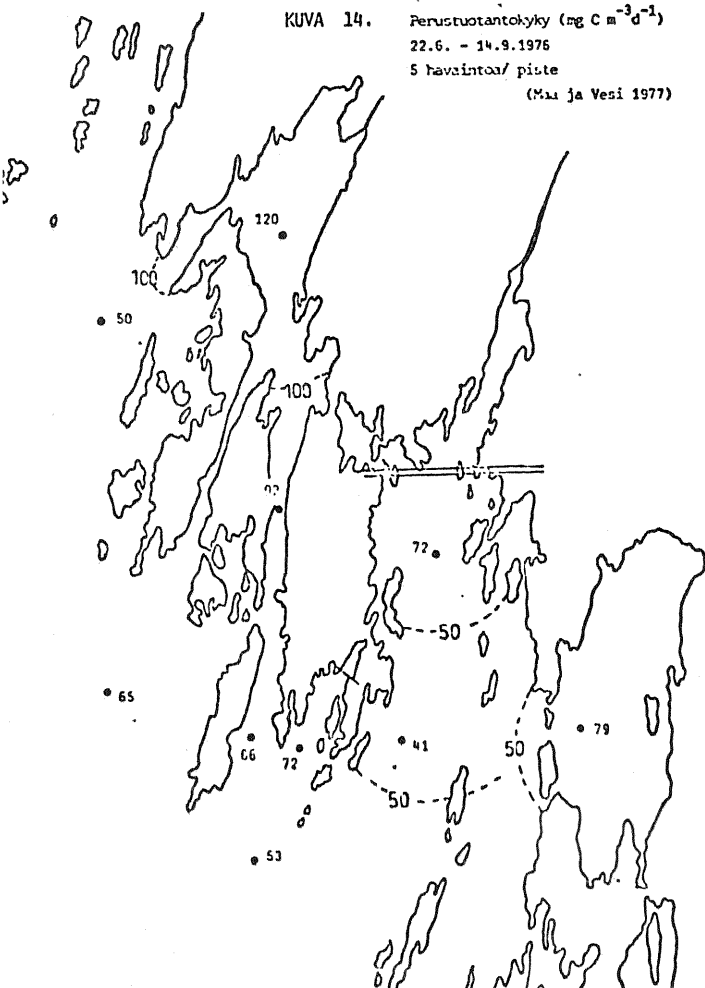
KUVA 13.

Perustuotantokyky ($\text{mg C m}^{-3} \text{d}^{-1}$)
 11.9.1974 - 1.10.1975
 7 havaintoa/ piste
 (Mä ja Vesi 1976)



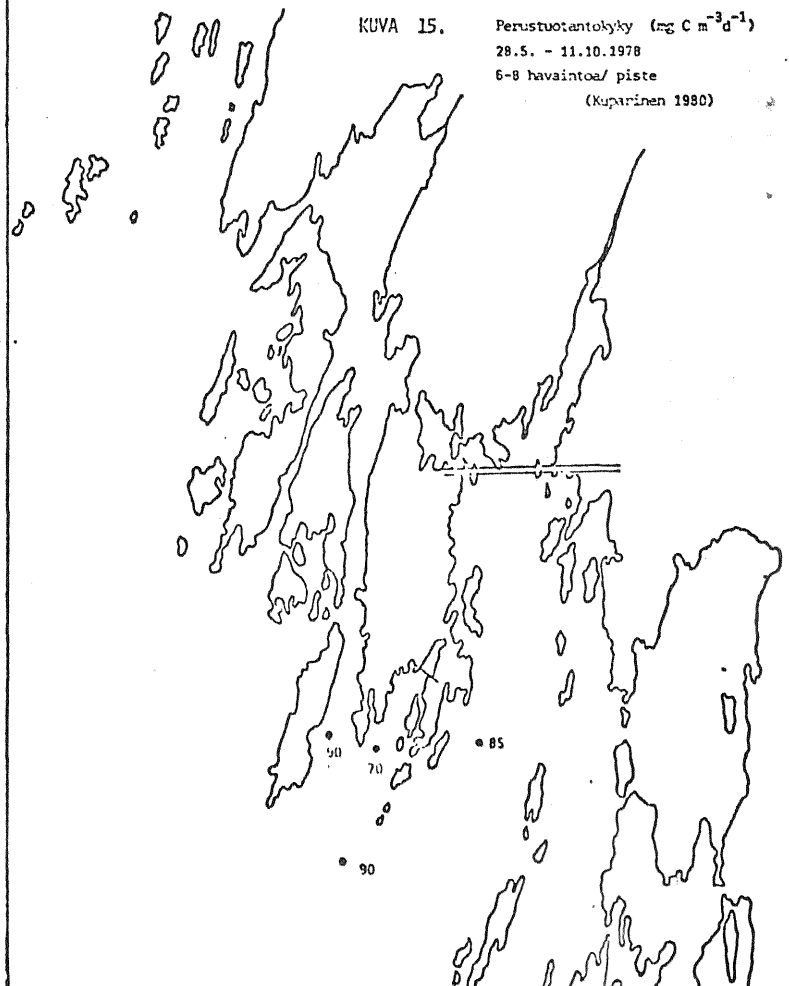
KUVA 14.

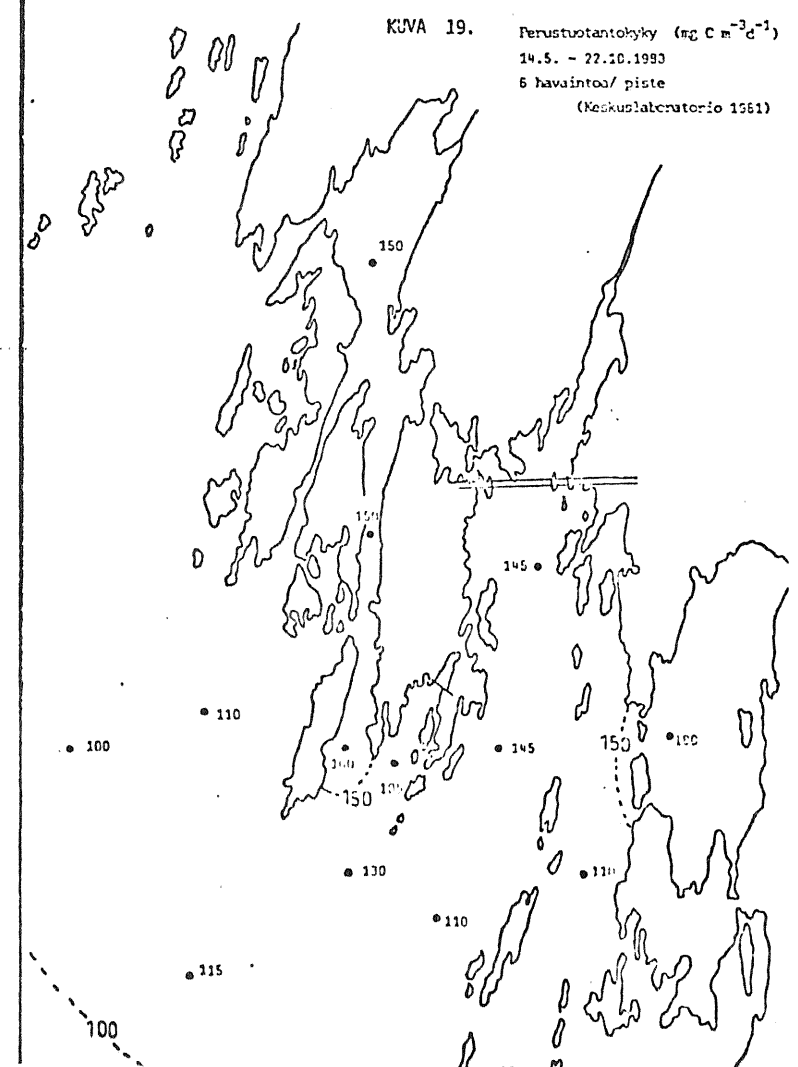
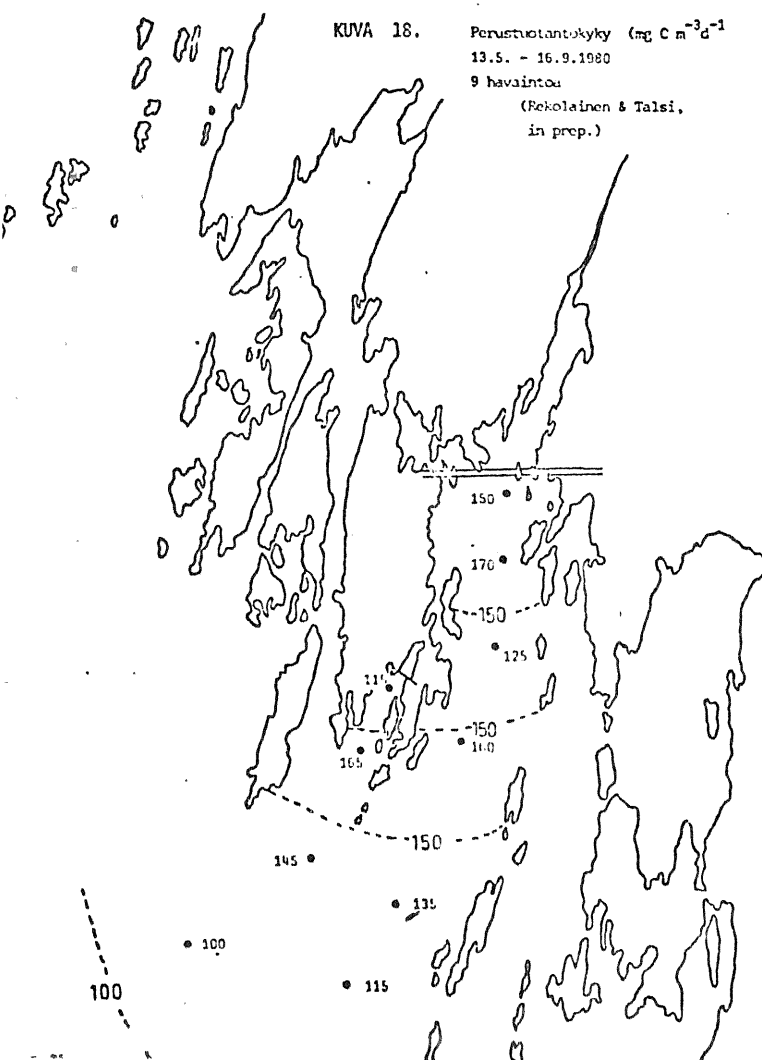
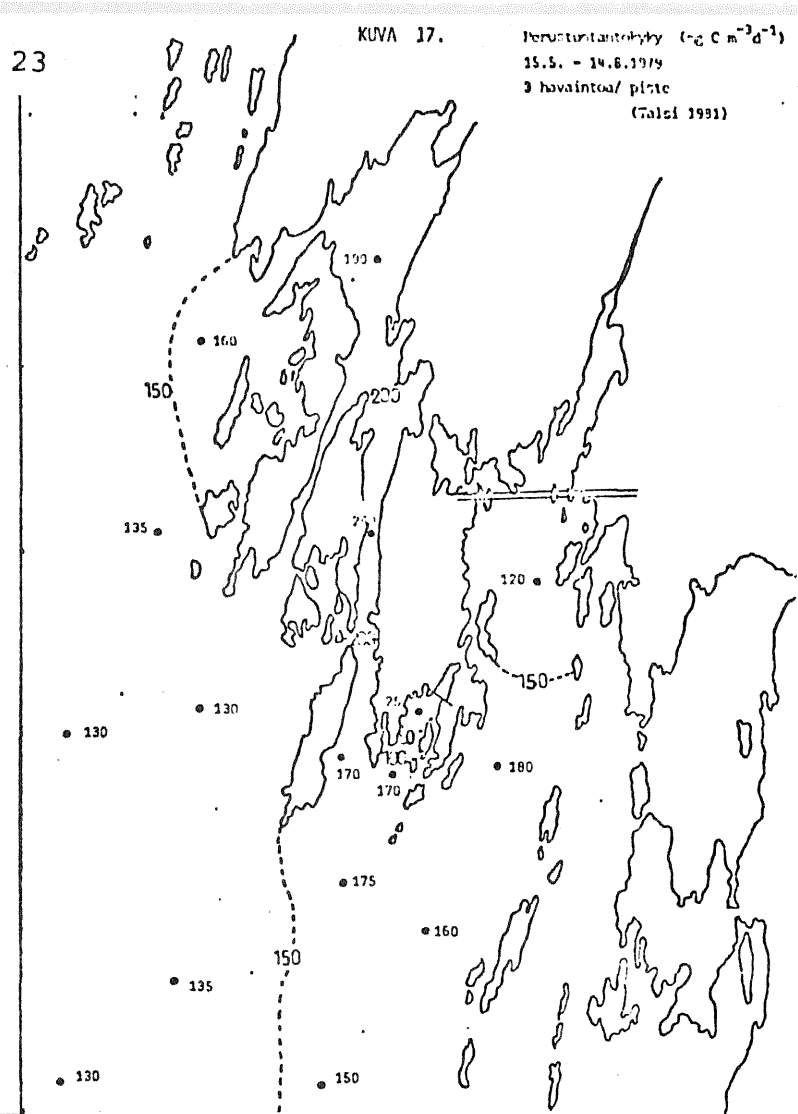
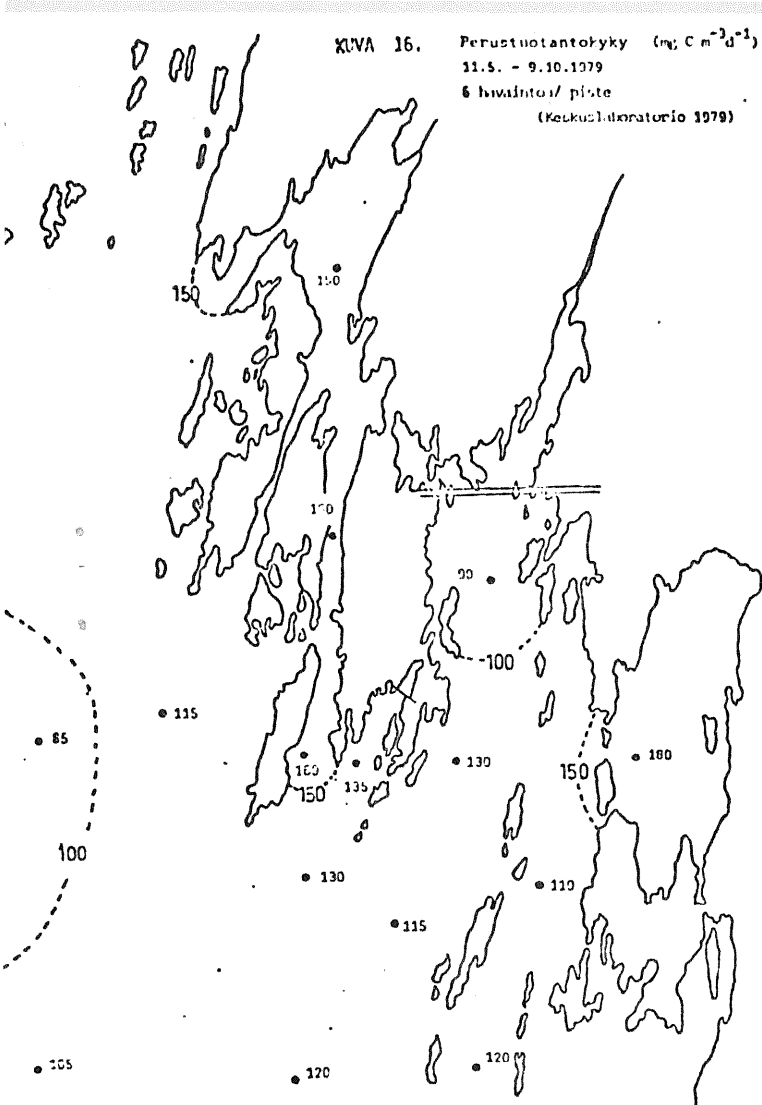
Perustuotantokyky ($\text{mg C m}^{-3} \text{d}^{-1}$)
 22.6. - 14.9.1976
 5 havaintoa/ piste
 (Mä ja Vesi 1977)



KUVA 15.

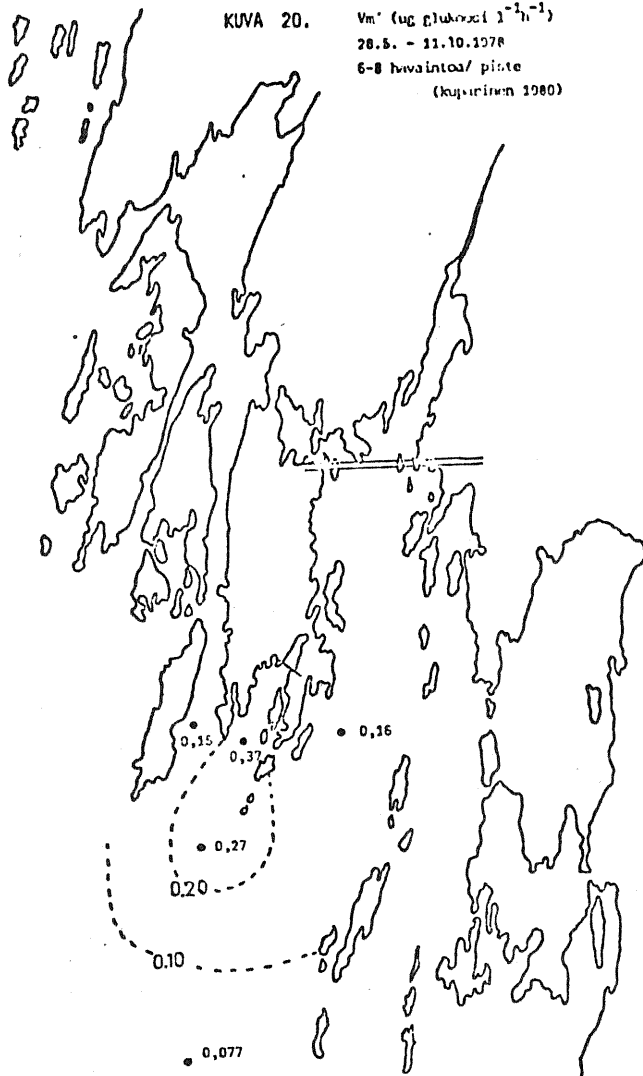
Perustuotantokyky ($\text{mg C m}^{-3} \text{d}^{-1}$)
 28.5. - 11.10.1978
 6-8 havaintoa/ piste
 (Kuparinen 1980)





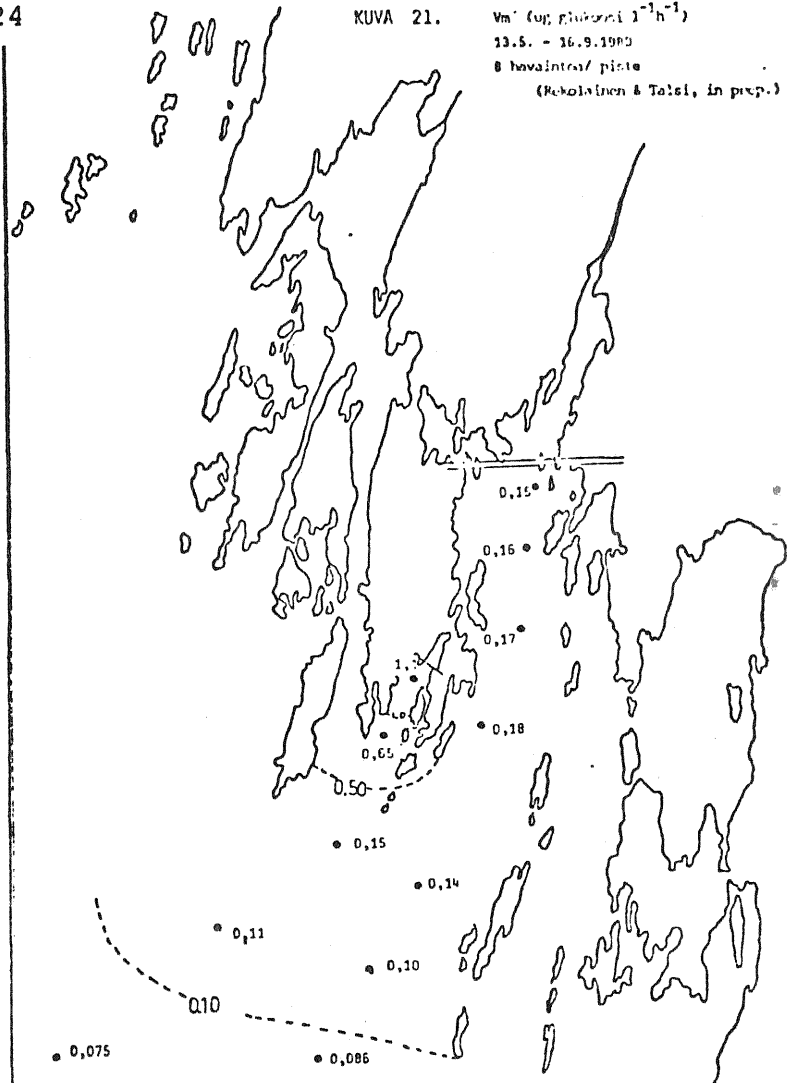
KUVA 20.

Vm' (μg plukoksi $l^{-1}h^{-1}$)
28.5. - 11.10.1978
6-8 havaintoa/ piste
(Kuparinen 1980)



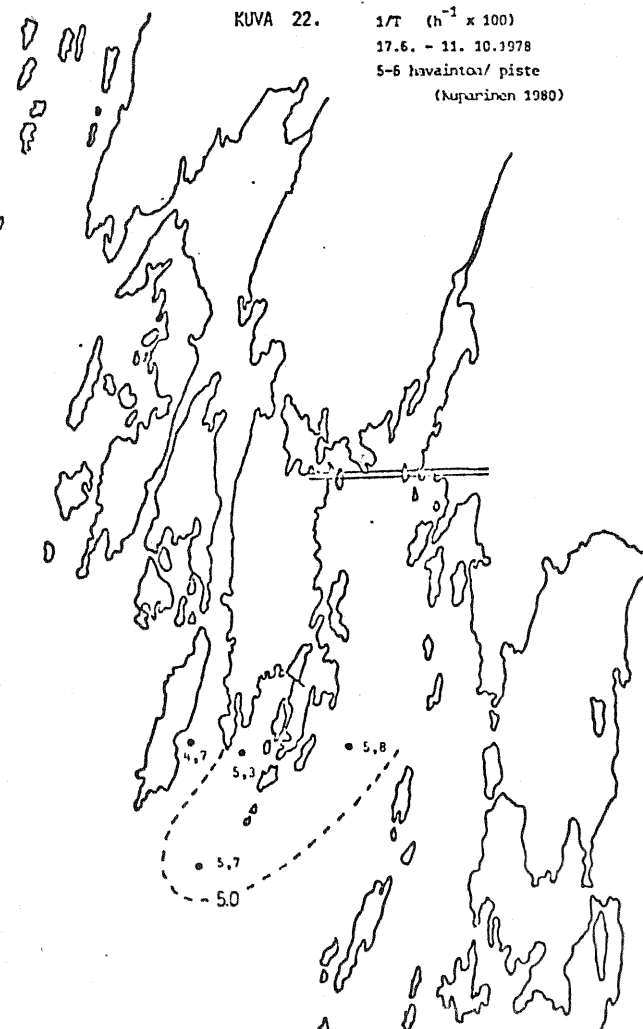
KUVA 21.

Vm' (μg plukoksi $l^{-1}h^{-1}$)
13.5. - 16.9.1980
8 havaintoa/ piste
(Rekolainen & Talsi, in prep.)



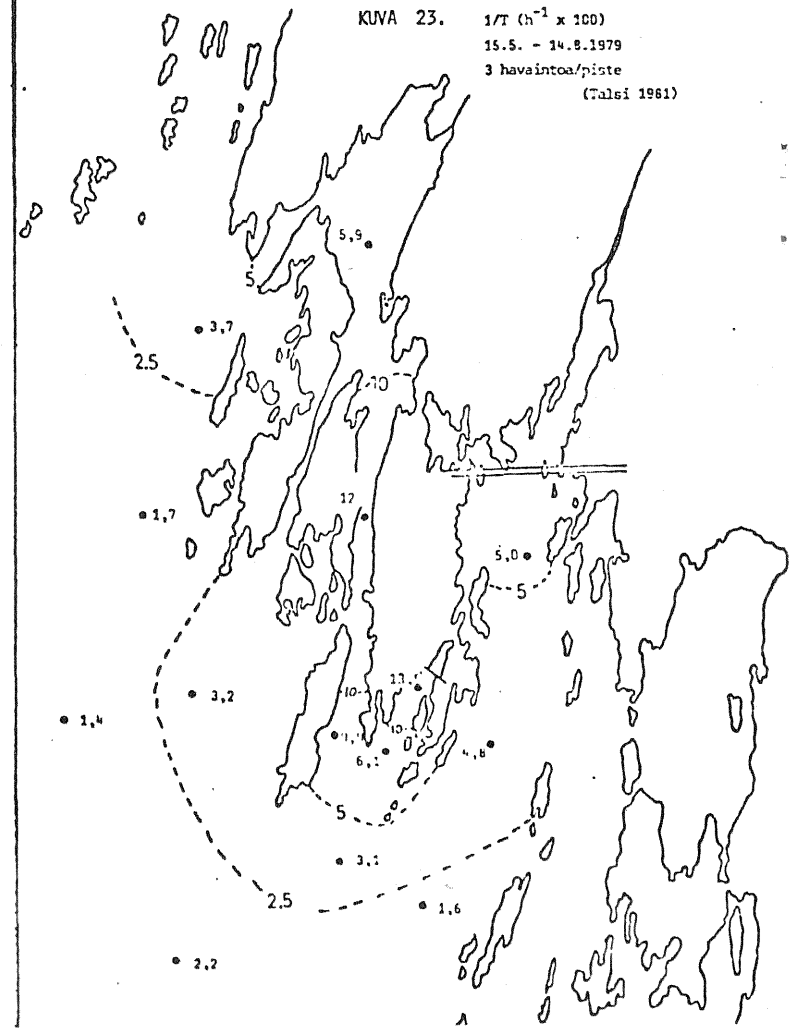
KUVA 22.

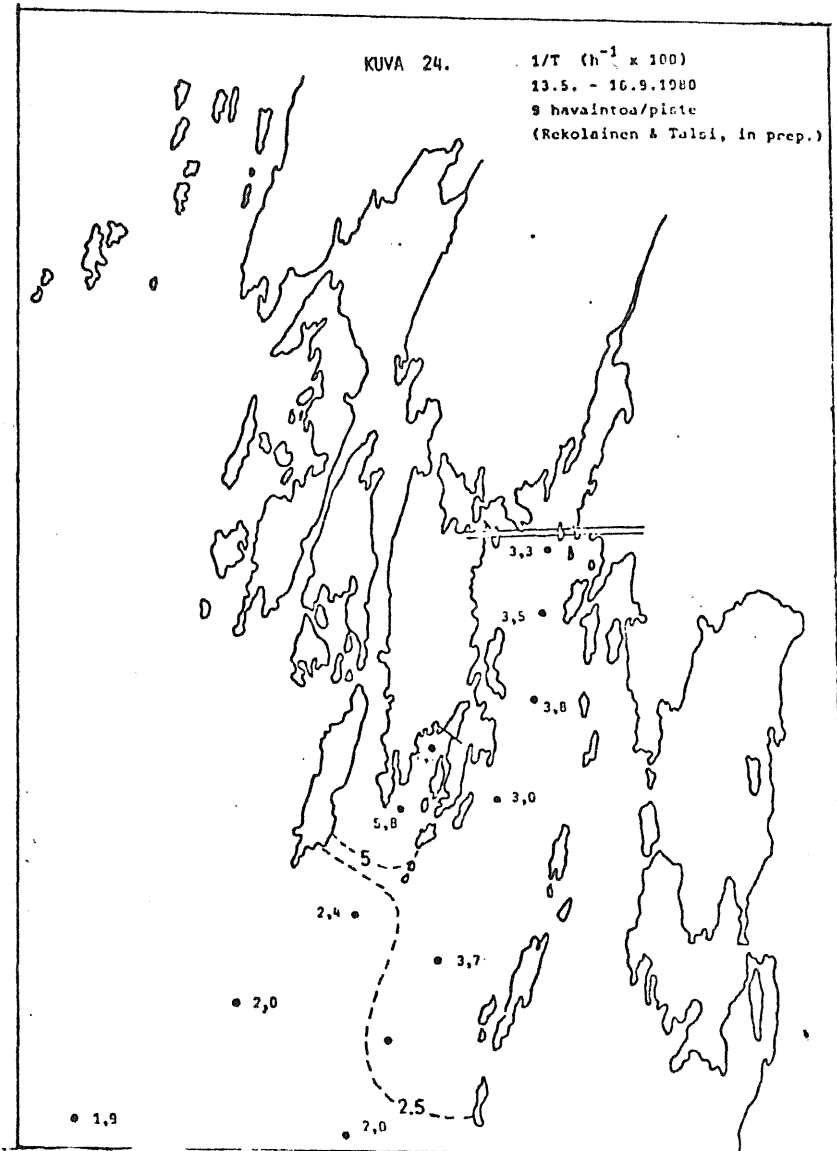
$1/T$ ($h^{-1} \times 100$)
17.6. - 11. 10.1978
5-6 havaintoa/ piste
(Kuparinen 1980)

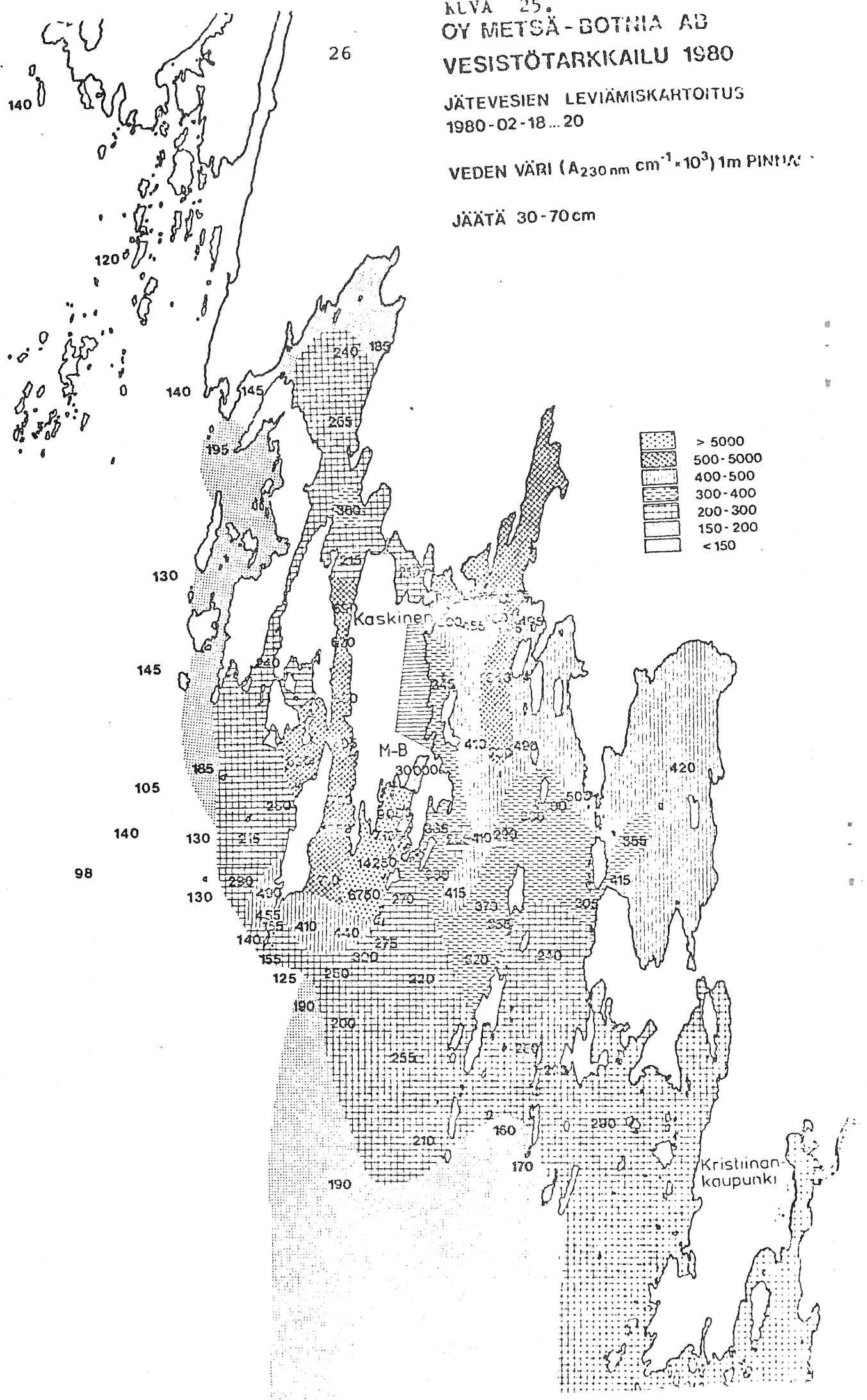


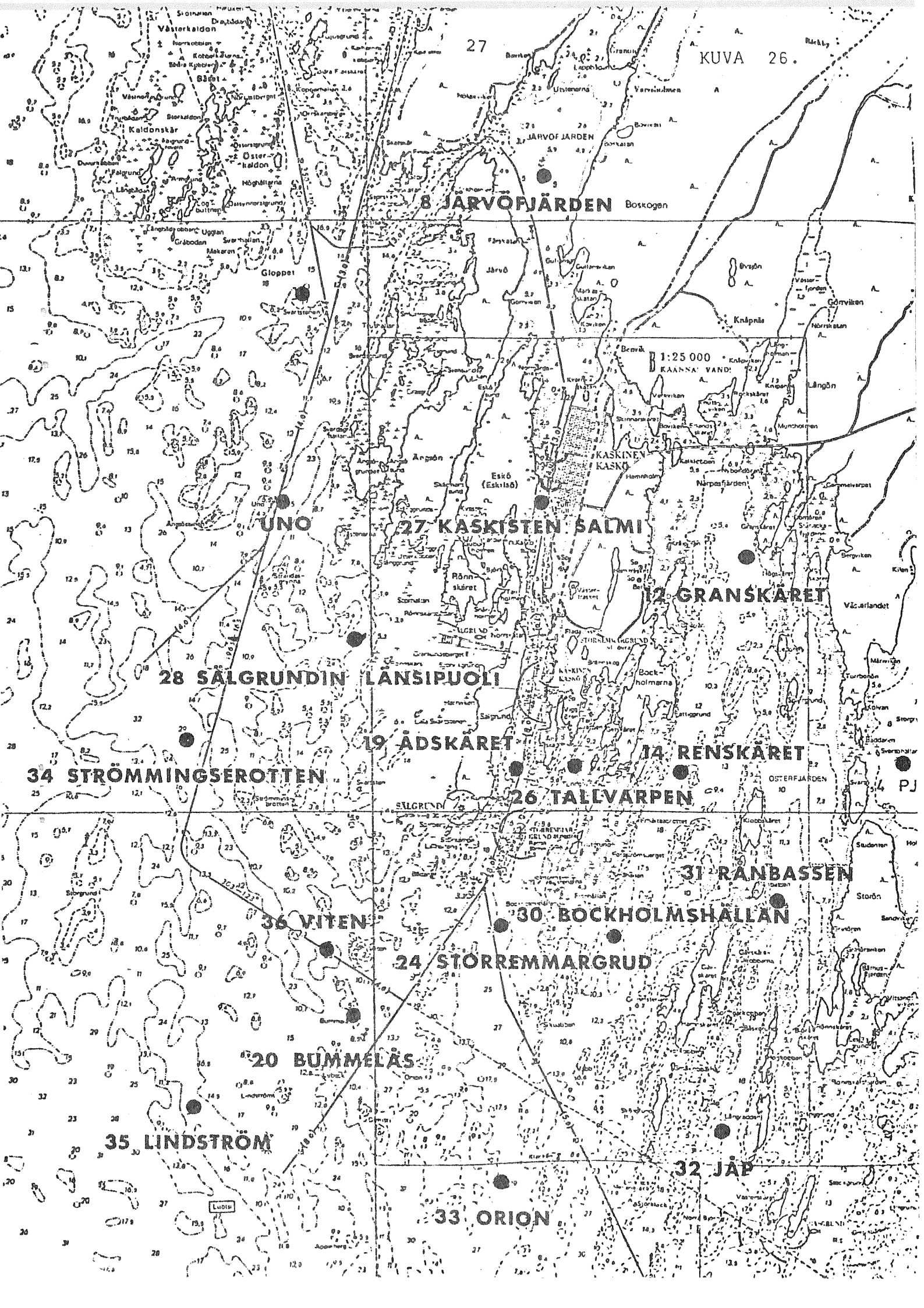
KUVA 23.

$1/T$ ($h^{-1} \times 100$)
15.5. - 14.8.1979
3 havaintoa/piste
(Talsi 1981)









8 JARVOFJÄRDEN

27 KASKISTEN SALMI

12 GRANSKÄRET

28 SALGRUNDIN LÄNSIPUOLI

19 ÅDSKÄRET

14 RENSKÄRET

34 STRÖMMINGSEROTTEN

26 TALLVARPEN

31 RANBASSEN

30 BOCKHOLMSHÄLLAN

24 STÖRREMMARGRUD

20 BUMMELÅS

35 LINDSTRÖM

32 JÄP

33 ORION

